



# XVII Reunión Argentina de Agrometeorología

Marta Vinocur- Andrea Rivarola- Andrea Irigoyen  
Editores Responsables

---

# RADA 2018

---

19 al 21 de septiembre de 2018    Villa de Merlo, San Luis

# XVII Reunión Argentina de Agrometeorología

---

Marta G. Vinocur, Andrea del V. Rivarola y Andrea I. Irigoyen

XVII Reunión Argentina de Agrometeorología: generando conocimiento estratégico para el campo en un ambiente cambiante / Marta Graciela Vinocur; Andrea del Valle Rivarola; Andrea Inés Irigoyen; compilado por Alessio Bocco; editado por Marta Graciela Vinocur ; Andrea del Valle Rivarola ; Andrea Inés Irigoyen. - 1a ed. - Río Cuarto : Marta Graciela Vinocur, 2018.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-42-9620-7

1. Meteorología. 2. Agricultura y Ganadería. I. Bocco, Alessio, comp. II. Vinocur, Marta Graciela, ed. III. Rivarola, Andrea del Valle, ed. IV. Irigoyen, Andrea Inés, ed. V. Título.  
CDD 630.2515

### **XVII Reunión Argentina de Agrometeorología**

Generando conocimiento estratégico para el campo en un ambiente cambiante

Marta Graciela Vinocur, Andrea del Valle Rivarola, Andrea Inés Irigoyen (Editores)

Alessio Bocco (Compilador)

2018      ©      Asociación Argentina de Agrometeorología  
Ruta Nacional 36 km 601 – (X5804) Río Cuarto – Argentina  
Tel.: 54 (358) 467 6191  
info@aada.com.ar - www.aada.com.ar

Primera edición: *Septiembre de 2018*

ISBN 978-987-42-9620-7



Este obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 2.5 Argentina.

[http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ar/deed.es\\_AR](http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ar/deed.es_AR)

**Queda Prohibida la reproducción total o parcial del texto de la presente obra en cualquiera de sus formas, electrónica o mecánica, sin el consentimiento previo y escrito de los editores.**

**Los editores no asumen responsabilidad alguna por eventuales errores tipográficos u ortográficos, por la calidad y tamaño de los gráficos, ni por el contenido de los Trabajos de Investigación presentados a RADA 2018. Los trabajos de Investigación se publican en versión digital, tal como fueron enviados por parte de los respectivos autores, con leves**

**adaptaciones de sus formatos, con la finalidad de conferirles uniformidad entre ellos, en un todo de acuerdo con las normas previamente establecidas.**

**La mención de empresas, productos y/o marcas comerciales no representa recomendación preferente de RADA 2018.**

## **Integrantes Comisión Directiva de AADA período 2016-2018**

### **Presidente**

Dra. Marta Vinocur (UNRC)

### **Tesorero**

Ing. Agr. M. Sc. Roberto Zanvettor  
(CREAN-UNC)

### **Vicepresidente**

Dra. Andrea Irigoyen (UNMdP)

### **Pro-Tesorero**

Ing. Agr. Angel Blason (UNLZ)

### **Secretaria**

Lic. (Mg.) Andrea Rivarola (UNRC)

### **Vocales Titulares**

Dr. Armando Brizuela (UNER)  
Ing. Agr. Carolina Munka (UdelaR-Uruguay)

### **Pro-Secretaria**

Ing. Agr. (M.Sc) Liliana Spescha (UBA)

### **Vocales Suplentes**

Ing. Agr. Silvina Maio (UBA)  
Ing. Agr. (M. Sc.) Daniel Sorlino (UBA)

### **Secretaria de Actas**

Ing. Agr. (Mg) Graciela Vergara (UNLPam)

## **Comisión organizadora**

### **Presidente**

Ing. Agr. Dra. Marta Graciela Vinocur  
(UNRC, Argentina)

### **Tesorero**

Ing. Agr. M.Sc. Roberto Zanvettor  
(UNC, Argentina)

### **Vicepresidente**

Ing. Agr. Dra. Andrea Inés Irigoyen  
(UNMdP, Argentina)

### **Vocales**

Ing. Agr. Natalia Accastello (UNRC)  
Ing. Agr., M. Sc. Matías Cambareri (UNMdP)  
Ing. Agr. Dr. G. Sebastián Cambareri (INTA)  
Ing. Ftal. Franco Todone (UNLC)  
Lic. Celeste Sosa (UNLC)  
Ing. Agr. Alessio Bocco (UNRC)

### **Secretario**

Ing. Agr. Ana Adela Llamas  
(UNRC, Argentina)

## **Comité Científico**

### **Presidente**

Lic., M. Sc. Andrea del Valle Rivarola (UNRC), Argentina

### **Vicepresidente**

Ing. Agr. M. Sc. Graciela Vergara (UNLPam)

### **Pares evaluadores**

Dr. Luiz Roberto Angelocci (USP), Brasil  
Dr. Gabriel Constantino Blain (IAC), Brasil  
Dr. Armando Brizuela (UNER), Argentina  
Dr. Rubén M. Caffera (UdelaR), Uruguay  
Dr. Antonio de la Casa (UNC), Argentina  
Dra. Marisa Cogliati (UNCOMA), Argentina  
Dra. Laura Echarte (UNMdP), Argentina  
Lic. M. Sc. María E. F. Long (UBA), Argentina

Dra. Patricia Figuerola (UNdeC), Argentina  
Dr. Mauro Holzman (IHLLA), Argentina  
Dra. Andrea I. Irigoyen (UNMdP), Argentina  
Dra. Olga Penalba (UBA), Argentina  
Dr. Andrés Ravelo (CREAN), Argentina  
Dr. Roberto Seiler (UNRC), Argentina  
Dr. Paulo Sentelhas (USP), Brasil  
Dra. Marta G. Vinocur (UNRC), Argentina



## Prólogo

Desde hace cuarenta y cuatro años que la Asociación Argentina de Agrometeorología (AADA) persevera en llevar a cabo sus objetivos de fomentar el desarrollo de la Ciencia Agrometeorológica en el país y la aplicación de ese conocimiento en todas las actividades sensibles al tiempo y al clima. Aunque seguramente queda mucho por hacer, han sido muy importantes los esfuerzos realizados para reunir a investigadores, docentes, profesionales, empresarios etc., vinculados directa o indirectamente a esta disciplina del país y países vecinos como así también para promover la investigación científica, la enseñanza y la extensión de la especialidad entre otros aspectos. Una actividad científica destinada a alcanzar estos objetivos y que ha tenido continuidad en el tiempo, es la realización de las Reuniones Nacionales, Binacionales y Latinoamericanas de Agrometeorología. En esta oportunidad nos convoca la XVII Reunión Argentina de Agrometeorología (RADA2018), reunión de AADA que por primera vez se realiza en la Provincia de San Luis.

En representación de la Comisión Organizadora y de la Asociación Argentina de Agrometeorología, me complace presentar esta publicación que contiene los resúmenes extendidos que fueron evaluados por los integrantes de un Comité Científico. La Reunión fue convocada bajo el lema *generando conocimiento estratégico para el campo en un ambiente cambiante*, abarcando ocho áreas temáticas principales: Agrometeorología y Biometeorología; Micrometeorología y relación suelo-planta-atmósfera; Instrumental, redes de observación y servicios agroclimáticos; Teledetección y geoprocusamiento; Modelización del ambiente biofísico; Variabilidad climática y cambio climático; Adversidades agroclimáticas y manejo del fuego; Enseñanza y extensión.

Esta publicación intenta proporcionar un elemento de referencia sobre el estado de desarrollo de la investigación agrometeorológica en nuestro país y región, constituyendo un documento de consulta de utilidad para investigadores, estudiantes y profesionales de la Agronomía en general y un punto de partida para la generación de nuevas propuestas o líneas de investigación. Asimismo, ella es el resultado de un dedicado trabajo editorial, por lo que se reconoce expresamente a la Presidencia del Comité Científico, a todos sus miembros y aquellos externos al Comité, por la disposición para la evaluación, formateo y compilación de los trabajos presentados; todos ellos hicieron posible disponer en tiempo y forma de este documento.

También es imprescindible agradecer el aporte realizado por CONICET, Fondo de Adaptación, Ministerio de Agroindustria, Universidad Nacional de los Comechingones, Gobierno de la Provincia de San Luis y Municipalidad de Villa de Merlo; sin ellos no hubiera sido posible realizar RADA2018.

**Marta G. Vinocur - Presidente de la Asociación Argentina de Agrometeorología**

ASOCIACION ARGENTINA  
DE AGROMETEOROLOGIA

## **ÁREA TEMÁTICA 1**

**Agrometeorología y Biometeorología**



# FENOLOGÍA, TIEMPO TÉRMICO E INTERCEPCIÓN DE RADIACION FOTO-SINTÉTICAMENTE ACTIVA EN TOMATE INJERTADO CONDUCTIVO A DOS Y CUATRO RAMAS

Garbi, M.<sup>1\*</sup>; Carbone, A.<sup>2</sup>; Puig, L.<sup>3</sup>; Martínez, S.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Climatología y Fenología Agrícola, <sup>2</sup>Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina. <sup>3</sup>Becaria doctoral INTECH-CONICET

\*Contacto: mariana.garbi@agro.unlp.edu.ar

**Palabras clave:** PAR; grados-día; *Solanum lycopersicum*

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los principales cultivos producidos en invernaderos de los cinturones verdes, en los que el predominio del monocultivo ha generado problemas en la eficacia de los métodos de desinfección de suelos (Argerich y Troilo, 2011); siendo el uso de plantas injertadas (copa) sobre pies tolerantes o resistentes una alternativa viable para el manejo sanitario del cultivo. Experiencias realizadas en La Plata (Buenos Aires) demostraron que pueden utilizarse diversas combinaciones pie-copa, obteniéndose rendimientos adecuados (Martínez *et al.*, 2014). Sin embargo, cuando la combinación estiónica está conformada por plantas que pueden presentar diferentes exigencias bioclimáticas, el material usado como copa modifica sus requerimientos como se observó al injertar el híbrido Elpida sobre Maxifort, que incrementó significativamente los grados-día acumulados entre trasplante y floración, respecto al híbrido sin injertar (Martínez *et al.*, 2012). Los híbridos interespecíficos utilizados como pie presentan un crecimiento vigoroso, lo que permite la conducción de la planta a mayor número de ramas (Morelli *et al.*, 2009). Esta modificación en el canopeo puede incidir en la cantidad de radiación interceptada, repercutiendo en el rendimiento, dada la correlación positiva y lineal observada entre estas variables en cultivos de tomate (Martínez *et al.*, 2000). Este trabajo tuvo como objetivo evaluar la respuesta fenológica, biometeorológica y productiva y la intercepción de radiación fotosintéticamente activa interceptada en dos híbridos de tomates, según forma de conducción de la planta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se condujo en La Plata, Buenos Aires, Argentina (34° 58'S, 57° 54'W), en un invernadero metálico parabólico de 24 m x 40 m, con orientación este-oeste, ubicado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP). El 04/10/2017 se transplantaron plantines de tomate de los híbridos Ichiban y Etereí sin injertar (testigos) e injertados sobre el pie Maxifort. Las plantas sin injertar se condujeron a 1 rama (0,25 cm entre plantas) y las injertadas a 2 y 4 ramas (0,50 y 1,00 m entre plantas, respectivamente), manteniendo en todos los tratamientos una densidad de 4 ramas por metro lineal. Para evaluar precocidad, se registró fecha de floración y fructificación del 1° racimo, considerando plenitud de fase (80% de flores abiertas o frutos cuajados). También se computó la fecha de primera cosecha y el rendimiento total en frutos hasta el 7° racimo. En el interior del invernadero se registró la temperatura media diaria a 1,5 m de altura con una estación meteorológica automática Davis Perception II. Se calculó la cantidad de días y el tiempo térmico entre trasplante y plenitud de cada fase. Se aplicó el método residual de Brown (1975), con una temperatura base de 10°C. El 27/12/2017 se midió la radiación fotosintéticamente activa (PAR) a nivel del 4° racimo, utilizando una barra LI-COR 191 de 1 m de longitud, calculando el porcentaje de intercepción de PAR, considerando como 100% el valor registrado dentro del invernadero, por encima del canopeo. Se utilizó un diseño en bloques completos aleatorizados con 4 repeticiones. Los datos se sometieron a análisis de la varianza, evaluando las diferencias entre medias por la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ichiban sin injertar presentó mayor precocidad a floración y fructificación del 1° racimo, mientras que Etereí sin injertar alcanzó más tardíamente ambas fases. Si bien no se observaron diferencias significativas en la cantidad de días en que los distintos tratamientos llegaron a primera cosecha, Ichiban injertado sobre Maxifort y conducido a 4 ramas requirió un tiempo térmico significativamente superior que el mismo híbrido sin injertar (Tabla 1). El efecto retardante de Maxifort sobre el desarrollo de la planta también fue observado cuando se lo utilizó como pie de los cv. Griffy y Torry, sin efectos sobre el cv. Elpida; verificándose respuestas diferenciales según la copa utilizada (Ducasse, 2014), como se observó con Etereí. El porcentaje de intercepción de PAR se incrementó significativamente al aumentar la cantidad de ramas por planta. En las plantas conducidas a 1 rama, Ichiban interceptó un 9% más de PAR que Etereí, situación que se revirtió en plantas conducidas a 2 ramas; mientras que las plantas a 4 ramas presentaron el mayor porcentaje de intercepción, sin registrarse diferencias entre híbridos (Tabla 1). No se observaron diferencias significativas en la producción total frutos, aunque puede señalarse una tendencia a una reducción del rendimiento en plantas conducidas a 4 ramas en los dos híbridos ensayados (Tabla 1), en coincidencia con lo reportado por Berardo y Bucco (2017) al injertar el híbrido Yígido sobre Beau-

fort. Iglesias (2015) indica que en tomate existe una correlación positiva entre la producción total, la acumulación de temperatura y de PAR, pero que a partir del 4° racimo la capacidad de las plantas para convertir la energía acumulada por radiación y temperatura no son suficientes para mantener el traslado de fotoasimilados hacia los frutos, lo que podría explicar la respuesta observada en los rendimientos, aún cuando se mejore la intercepción de la radiación por parte de la planta.

**Tabla 1.** Días, tiempo térmico (TT) desde trasplante hasta plenitud de floración y fructificación de primer racimo y primera cosecha, PAR interceptada y rendimiento según híbrido y forma de conducción de la planta en tomate injertado y sin injertar. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Octubre 2017 – Enero 2018

Tratamiento	Floración 1° racimo		Fructificación 1° racimo		1° cosecha		PAR interceptada	Rendimiento
	Días	TT	Días	TT	Días	TT	%	[kg.m <sup>-2</sup> ]
Ichiban	21 a	174,9 a	27 a	225,7 a	60	666,3 a	52,3 b	14,8
Eterei	29 c	242,4 c	35 c	301,7 c	68	787,4 ab	43,3 a	13,1
Maxifort – Ichiban 2R	28 bc	234,1 b	34 bc	291,4 bc	68	796,6 ab	60,9 c	15,4
Maxifort – Ichiban 4R	27 b	229,9 b	33 b	286,3 b	71	851,9 b	79,2 e	8,7
Maxifort – Eterei 2R	27 b	225,7 b	33 b	281,1 b	65	793,2 ab	72,2 d	13,1
Maxifort – Eterei 4R	27 b	225,7 b	33 b	281,1 b	64	787,0 ab	79,5 e	8,3
C.V.	2,20	2,19	1,80	2,20	6,90	7,90	14,72	4,70
R <sup>2</sup>	1,00	1,00	1,00	0,90	0,90	0,70	0,71	0,38
p	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0599	0,0174	< 0,0001	0,4141

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey (p < 0,05)

## CONCLUSIONES

En las condiciones de ensayo, puede recomendarse la utilización de los híbridos Ichiban y Eterei injertados sobre Maxifort, conduciendo las plantas a 2 ramas, lo que mejora la intercepción de PAR, permitiendo obtener rendimientos equivalentes a los alcanzados con la conducción convencional de la planta (1 rama), sin producirse retrasos significativos que afecten la precocidad del cultivo.

## REFERENCIAS

- Argerich, C.; Troilo, L. (Eds.). 2011. Manual de buenas prácticas agrícolas en la cadena de tomate. FAO. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 262 p.
- Berardo, J.M.; Bucco, N. 2018. Productividad de plantas injertadas en tomate conducidas a 2 y 4 ramas y cultivadas en un suelo infestado con nemátodos. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Buenos Aires. <[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63581/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/63581/Documento_completo.pdf?sequence=1)>, consultado: 10/04/2018.
- Brown, D.M. 1975. Heat unit for corn in Southern Ontario. Ontario: Ontario Department of Agriculture and Food. 4 pp.
- Ducasse, A. 2014. Comportamiento de tres híbridos de tomate injertados y cultivados en suelo con nemátodos. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Buenos Aires.
- Iglesias, N. 2015. Tomate en invernadero. Estudios referidos a aspectos de ecofisiología de la producción forzada para las condiciones del norte de la Patagonia. <[https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_tomate-en-invernadero\\_ecofisiologia-de-la-produccion.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tomate-en-invernadero_ecofisiologia-de-la-produccion.pdf)>, consultado: 10/04/2018.
- Martínez, S.; Garbi, M.; Asborn, M.; Grimaldi, M.C. Ex aequo. 2000. Efecto de la radiación disponible en el tiempo sobre el rendimiento en tomate. En: VIII Reunión Argentina de Agrometeorología, 2000, Mendoza, Argentina.
- Martínez, S.; Garbi, M.; Morelli, G.; Somoza, J.; Grimaldi M.C.; Ducasse, A.; Cerisola, C. 2012. Comportamiento fenológico de híbridos de tomate injertados sobre Maxifort. Requerimientos de Grados-día. En: XIV Reunión Argentina de Agrometeorología, 2012, Malargüe, Argentina.
- Martínez, S.; Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Somoza, J.; Morelli, G.; Cerisola, C. 2014. Evaluación de la respuesta agronómica de plantas de tomate injertadas en cultivo bajo invernadero. Revista de la Facultad de Agronomía 113 (2): 218-223.
- Morelli, G.; Martínez, S.; Zeoli, F.; Garbi, M.; Andreau, R. (Ex aequo). 2009. Efecto del tipo de conducción en una, dos y tres ramas por planta sobre el rendimiento en tomate cv. Elpidia injertado sobre pie Maxifort en cultivo bajo cubierta en La Plata, Buenos Aires. En: XXXII Congreso Argentina de Horticultura, 2009, Salta, Argentina.

# MODIFICACIÓN AMBIENTAL PRODUCIDA POR UNA MALLA ANTITÉRMICA EN UN INVERNADERO PARABÓLICO

Martínez, S.B.<sup>1</sup>; Carbone, A.<sup>2</sup>; Grimaldi, M.C.<sup>1</sup>; Somoza, J.<sup>1</sup>; Garbi, M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Climatología y Fenología Agrícola. <sup>2</sup>Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE), Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata, Calle 60 y 119 s/n, (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina

\*Contacto: mariana.garbi@agro.unlp.edu.ar

**Palabras clave:** temperatura media; radiación fotosintéticamente activa; invernáculo; transmitancia

## INTRODUCCIÓN

El cinturón hortícola de La Plata (Buenos Aires) posee una superficie estimada de 2258,62 ha cubiertas por invernaderos (López Camelo, 2012). Las estructuras más utilizadas se caracterizan por ser de madera, cubiertas por polietileno de 100 a 150 µm de espesor y poseer una relación entre la superficie de ventanas y suelo cubierto inferior al 25%, condición que dificulta la adecuada ventilación (Martínez *et al.*, 2008). De esta manera, durante el periodo estival es frecuente que se presenten condiciones de hipertermia; habiéndose registrado en el interior de seis tipos distintos de estructuras, temperaturas medias y medias máximas del mes de enero que superaron en 5°C y 11°C a los valores externos, respectivamente (Garbi *et al.*, 2002). La utilización de mallas de sombreo o pantallas termorreflectoras pueden utilizarse para disminuir la temperatura, a través de la reducción de la intensidad de la radiación solar incidente (Ayala-Tafoya *et al.*, 2011). Evaluaciones realizadas con mallas de sombreo de diferentes colores demostraron una reducción significativa de la radiación fotosintéticamente activa respecto a la registrada a cielo abierto (Ayala-Tafoya *et al.*, 2015). En los invernaderos, también es importante considerar la reducción de transmitancia producida por el polietileno, que puede disminuir hasta el 77% en la radiación fotosintéticamente activa (PAR) recibida en el interior de la estructura, respecto al exterior, como se registró en La Plata (Buenos Aires) durante el otoño (Carbone *et al.*, 2012). Considerando la utilidad de técnicas que permitieran reducir los niveles térmicos registrados durante el verano en el interior de los invernaderos en el cinturón hortícola platense, este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de una malla antitérmica sobre la temperatura del aire y la radiación fotosintéticamente activa recibida en el interior de una estructura de tipo parabólico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante enero de 2017 en un invernadero metálico parabólico de 24 x 40 m, con orientación este-oeste, ubicado en la Estación Experimental Julio Hirschhorn perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina (34° 58'S, 57° 54'W). La estructura está formada por tres naves, techadas con polietileno térmico de 150 µm de espesor, en la que se colocó, adicionalmente, una malla antitérmica color blanca cubriendo la mitad de cada nave por debajo del techo; resultando en un diseño en bloques completos aleatorizados con 3 repeticiones. En el interior del invernadero se registró la temperatura media diaria a 1,5 m de altura con una estación meteorológica automática Davis Perception II, con sensores ubicados en sectores cubiertos con malla antitérmica y sin malla. También se registro la temperatura del aire en el exterior, mediante una estación de características similares, ubicada en el predio de la Estación Experimental. La temperatura media mensual se calculó como el promedio de la temperatura media diaria de los 31 días del mes de enero. La PAR se registró con una barra LI-COR 191 de 1 m de longitud, colocada a 1,50 m desde el suelo. A las 12 horas de los días 6, 13, 21 y 27 de enero, se realizaron 20 mediciones por tratamiento y repetición en el ambiente exterior y en el interior del invernadero en sectores cubiertos con malla antitérmica y sin malla. Los datos se sometieron a análisis de la varianza, evaluando las diferencias entre medias por la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

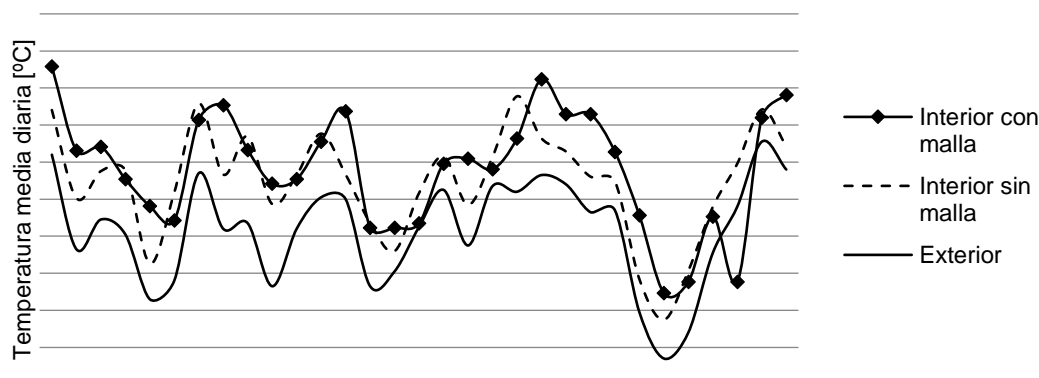
La colocación de la malla antitérmica en el interior del invernadero produjo una reducción del 70% en la transmisión de la PAR, resultando significativamente más baja que la radiación recibida en el sector cubierto solo con polietileno, el que también restringió en un 30% la radiación disponible, en relación al ambiente exterior. La temperatura media mensual fue significativamente mayor en el interior del invernadero, sin diferencias atribuibles al tratamiento de sombreo (Tabla 1). Los valores de PAR registrados durante la mayor parte del periodo en estudio fueron equivalentes a los reportados por Carbone *et al.* (2012). Cabe destacar que el registro del 13/01/2017 coincidió con un periodo de alta nubosidad, considerándose igualmente el registro, con fines informativos. La temperatura media se ubicó en el rango de valores registrados bajo invernadero en campañas anteriores, también para el mes de enero (Garbi *et al.*, 2002; Grimaldi *et al.*, 2007). La Figura 1 presenta la marcha diaria de la temperatura en los distintos ambientes, observándose que en la mayor parte del periodo considerado hubo una tendencia a la elevación de la temperatura media en el sector cubierto con malla antitérmica. Ayala-Tafoya *et al.* (2015) señalan que las mallas de sombreo pueden reducir la ventilación, efecto que pudo haberse

producido en las condiciones de ensayo, considerando que la malla antitérmica fue colocada en una posición que producía una obstrucción a la ventilación cenital prevista para la estructura. En combinación con lo anterior, la malla antitérmica puede haber actuado reflejando la radiación infrarroja emitida por las plantas y el suelo, evitando la pérdida de calor, con el consecuente aumento de la temperatura (Castilla Cantón, 2000).

**Tabla 1.** Radiación fotosintética activa (PAR) y temperatura media mensual dentro del invernadero, con y sin malla antitérmica y en el exterior. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Enero 2017

Tratamientos	PAR [ $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ ]				Temperatura media mensual [°C]
	06/01/17	13/01/17	21/01/17	27/01/17	
Exterior	1563,17 a	313,93 a	1752,17 a	1377,63 a	23,3 a
Invernadero sin malla	1046,67 b	289,20 b	1241,17 b	909,37 a	25,9 b
Invernadero con malla	415,47 c	116,17 c	483,87 c	367,97 b	26,6 b

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas según prueba de Tukey ( $p < 0,05$ )



**Figura 1.** Temperatura media diaria dentro del invernadero, con y sin malla antitérmica y en el exterior. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Enero 2017

## CONCLUSIONES

La pantalla antitérmica utilizada en el interior de un invernadero en La Plata (Buenos Aires) no resultó efectiva para reducir la temperatura media del aire, produciendo además una disminución importante de la radiación fotosintéticamente activa transmitida al interior. Sería de interés continuar investigando su utilidad para mejorar las condiciones productivas ensayando otras formas de colocación que favorezcan la ventilación.

## REFERENCIAS

- Ayala-Tafoya, F.; Zatarain-López, D.M.; Valenzuela-López, M.; Partida-Ruvalcaba, L.; Velázquez-Alcaraz, T.; Díaz-Valdés, T.; Osuna-Sánchez, J. 2011. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana* 29:403-410.
- Ayala-Tafoya, F.; Sánchez-Madrid, R.; Partida-Ruvalcaba, L.; Yáñez-Juárez, M.; Ruiz-Espinosa, F.; Velázquez Alcaraz, T.; Valenzuela-López, M.; Parra-Delgado, J. 2015. Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Revista fitotecnia mexicana* 1: 93-99. <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73802015000100012&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802015000100012&lng=es&tlng=es)>, consultado: 06/04/2018.
- Carbone, A.; Garbi, M.; Morelli, G.; Martínez, S.; Grimaldi, M.C.; Somoza J. 2012. Influencia del grado de envejecimiento del polietileno sobre la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (PAR) hacia el interior de un invernadero parabólico. En: XXXV Congreso Argentino de Horticultura, 2012, Corrientes, Argentina.
- Castilla Cantón, F. 2000. Pantallas aluminizadas en el control climático de invernaderos. *Horticultura* 147: 55-57.
- Garbi, M.; Grimaldi, M.C.; Martínez, S.; Carbone, A. 2002. Influencia de invernaderos sobre la temperatura estival en el cinturón hortícola platense. *Revista Brasileira de Agrometeorología* 10:27-31.
- Grimaldi, M.C.; Somoza, J.; Martínez, S.; Strassera, M.E. 2007. Marcha de la temperatura del aire en dos invernaderos del cinturón hortícola platense durante el mes de enero de 2007. *Horticultura Argentina* 26:109.
- López Camelo, A.F. 2012. La utilización del Google EarthTM para el relevamiento de la superficie bajo cubierta en el Gran Buenos Aires. *Horticultura Argentina* 31:22.
- Martínez, S.; Andreau, R.; Garbi, M. 2008. Situación actual de la producción en invernaderos en el cinturón hortícola de La Plata, Provincia de Buenos Aires. En: XXXI Congreso Argentino de Horticultura, 2008, Mar del Plata, Argentina.

# CUANTIFICACIÓN DEL EFECTO DE LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS SOBRE EL ÍNDICE DE INFECCIÓN DE MANCHA FOLIAR EN TRIGO

Pardi, H.M.<sup>1\*</sup>; Moschini, R.C.<sup>2</sup>; Simón, M.R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Climatología y Fenología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF), UNLP. 60 y 119, 1900 La Plata, Bs. As., Argentina, <sup>2</sup> Instituto de Clima y Agua CIRN INTA Castelar, <sup>3</sup> Cerealicultura, FCAyF, UNLP, CICPBA

\*Contacto: martinpardi@agro.unlp.edu.ar

**Palabras clave:** modelos; predicción; septoriosis

## INTRODUCCIÓN

Una enfermedad relevante del cultivo de trigo es la mancha foliar o septoriosis de la hoja (SH), causada por *Zymoseptoria tritici* (ZT) Desm. [teleomorfo *Mycosphaerella graminicola* (Fuckel) J. Schröt.] patógeno hemibiotrófico que vive asociado a restos de tallos, vainas y hojas del trigo, una vez cosechado. En estos restos del cultivo, el hongo produce pseudotecios con ascosporas (fase sexual) que son transportadas por el viento y depositadas sobre el nuevo cultivo (infección primaria). Seguidamente se forman picnidios, con picnidiosporas (fase asexual) que originan ciclos secundarios de infección. Las picnidiosporas son dispersadas por la energía derivada del impacto de las gotas de lluvia (Eyal *et al.*, 1987; Cordo *et al.*, 2017). El progreso epidémico de la SH es de tipo vertical (hojas basales a superiores) y policíclico (Gilchrist y Dubin, 2002). La germinación de las esporas se inicia en presencia de agua líquida. La infección de ZT fracasó cuando el agua libre estuvo disponible por menos de 15 h o la temperatura mínima fue menor o igual a 7 °C por periodos de dos días (Renfro y Young, 1956). Hansen *et al.* (1994) establecieron el umbral de 8 días con precipitación  $\geq 1$  mm para aplicar fungicidas contra ZT. El crucial impacto de los factores meteorológicos sobre la enfermedad, ha estimulado el desarrollo de modelos predictivos empíricos (Coakley *et al.*, 1985; Te Beest *et al.*, 2009; Moschini *et al.*, 2013).

El objetivo de este estudio fue identificar las variables meteorológicas más fuertemente relacionadas con el coeficiente de infección de ZT en cultivares comerciales de trigo de buen y mal comportamiento al patógeno, cuantificando esta relación mediante el ajuste de modelos de regresión logística de respuesta binaria.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Variable dependiente (respuesta binaria):** las observaciones de la enfermedad se obtuvieron de registros de ensayos pertenecientes a la red de ensayos territoriales de trigo (RET) para las localidades de Balcarce (BAL) (EEA INTA BAL latitud 37° 46' long w 58° 18'), Barrow (BAR) (Chacra Integrada de BAR) latitud 38° 19' long w 60° 14' en la provincia de Buenos Aires y Marcos Juárez (MJ) (EEA INTA MJ latitud 37° 46' long w 58° 18') en la provincia de Córdoba. Se analizaron un total de 10 campañas para BALC, 9 para BAR y 8 para MJ, con 345 cultivares, que constaron de 2584 observaciones de SH en escala de doble dígito de Saari y Prescott (1975). La escala establece la altura de la infección y la severidad en la planta, del producto de estas variables se obtiene el coeficiente de infección (CInf). El set de datos se dividió en 3 grupos de acuerdo a la fecha de siembra (GS1 <30/06; GS2: 31/06–31/07; GS3  $\geq 1/08$ ), para variedades de ciclo largo, intermedio y corto respectivamente. En este estudio sólo se analizaron los GS1 y GS2. Por campaña/sitio y GS se analizó el comportamiento de las variedades sembradas frente a la enfermedad, para ello se evaluaron informes de expertos y se utilizaron procedimientos estadísticos para conformar grupos de variedades en función del grado de resistencia: GR=0: (moderadamente resistentes a resistentes) o GR=1: moderadamente susceptibles a susceptibles) y se calculó el valor de la mediana de los CInf (MedCInf) de cada grupo. Finalmente, se analizaron dos niveles de enfermedad (respuesta binaria), severo (S): si MedCInf  $\geq$  al percentil 60% (U60) y un moderado a ligero (L) si MedCInf  $\leq$  U60. Para el GS1 (n=52) y el GS2 (n=48), el U60 tomó valores de 26 y 24, respectivamente.

**Variable Genética discreta:** se incluyó una variable independiente discreta que tiene en cuenta el grado de resistencia (GR) de las variedades sembradas (GR=0: variedades resistentes a SH. GR=1, susceptibles a SH).

**Variables meteorológicas regresoras:** a partir de registros diarios de temperatura (T) (máxima, Tx °C; mínima, Tn °C, media, Td), precipitación (Prec, mm) y humedad relativa (HR, %) de estaciones meteorológicas de cada sitio; se crearon las siguientes variables meteorológicas térmicas e hídricas (se presentan solo las seleccionadas en los modelos): TP2 n° de periodos de 2 días consecutivos con Tx > 27°C; DHR: n° de días con HR  $\geq 80\%$ ; DPrec7 y DPrec9: n° de días con registro de Prec > 7 y > 9 mm, respectivamente; PPrecHR: n° de periodos de 2 días con Prec ( $\geq 0.2$  mm) y HR  $\geq 75\%$  en el primer día, y HR  $\geq 70\%$  en el segundo día.

Las variables meteorológicas se calculan en periodos susceptibles para la infección (PSI) que se inician a principios de macollaje y finalizan en plena espigazón. (GD acumulados desde la siembra (Td base=0°C)).

**Análisis estadístico:** Los umbrales de las variables meteorológicas descriptas y la longitud de los PSI se fueron ajustando por un proceso iterativo que buscó maximizar la correlación de la componente ambiental con los niveles de enfermedad (programa con el lenguaje del paquete SAS (Statistical Analysis Systems versión 8.0). Los coeficientes de correlación no-paramétrica de Kendall Tau-b (rk) entre las categorías binarias de coeficiente de infección y las variables regresoras meteorológicas se calcularon mediante el procedimiento Freq de SAS.



Mediante el procedimiento Logistic de SAS se ajustaron modelos de regresión logística para estimar la probabilidad de ocurrencia de cada categoría de CInf (máxima verosimilitud). Cada modelos ajusta una ecuación para estimar:

$$\ln[pS(1 - pS)^{-1}] = \beta_0 + \beta_1 x \quad (1)$$

donde  $\ln$  es el logaritmo natural,  $pS$  es la probabilidad de observar un nivel de enfermedad severo (S),  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los estimadores de los parámetros y  $X$  es el predictor meteorológico. La función logit (1) establece la conexión entre la componente estocástica y las variables meteorológicas. La probabilidad  $pS$  se obtiene resolviendo:

$$\text{Exp}\{\ln[pS(1 - pS)^{-1}]\} / 1 + \text{Exp}\{\ln[pS(1 - pS)^{-1}]\} \quad (2)$$

La probabilidad de tener un nivel moderado a ligero de enfermedad ( $pL$ ) resulta de sustraer  $pS$  a 1.

El método Stepwise (Proc Logistic) se usó para seleccionar el modelo más apropiado. La precisión de predicción de los modelos seleccionados se calculó como el % de casos analizados en los cuales hubo acuerdo entre la categoría de CInf observado y la predicha por el modelo logístico.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mayores correlaciones entre los niveles de enfermedad y las variables meteorológicas/genéticas se presentaron cuando estas últimas se calcularon en los PSI que se inician al acumular 460/485 GD y finalizan con acumulaciones de 1650/1150 GD desde la siembra, para GS1/GS2 respectivamente.

Las correlaciones de Kendall (Tau-b) para las 16 variables en valores absolutos variaron entre 0,22 a 0,60 para el GS1 y de 0,24 a 0,52 para GS2. Las variables DPrec7 y 9, DHR, PPrecHR y TP2 presentaron los mayores valores de correlación. Las variables DPrec7 y 9 se asocian a la necesidad de ocurrencia de mayor frecuencia de precipitaciones con suficiente energía cinética para la dispersión vertical de las esporas del patógeno. El mojado de las hojas y su duración es expresado por las variables DHR y PPrecHR. Las variables térmicas que mostraron los más altos valores correlación como TP2, expresan la reducción en los niveles de enfermedad como consecuencia del registro de altos valores de temperatura (correlaciones negativas).

En la Tabla 1 se presentan los modelos Logísticos ajustados para los GS1 y GS2 que mostraron las mayores precisiones de predicción (92,3 y 89,6%, respectivamente). Ambos modelos incluyeron dos variables hídricas DPrec7 o DPrec9 (asociado a la energía de la lluvia para dispersar esporas) y PPrecHR o DHR (ligado al requerimiento de mojado para la infección), una térmica TP2 (pendiente negativa) y una genética (GR).

## CONCLUSIÓN

A partir de estos modelos, desde fin de invierno hasta hoja bandera se podrá calcular la probabilidad de ocurrencia de un nivel severo de la SH y aportar a la toma de decisión de un control químico. Los modelos además del efecto ambiental cuantifican el impacto de la componente genética, al incluir el efecto del comportamiento de las variedades sembradas respecto a la enfermedad. Los resultados del estudio son preliminares, iniciándose la etapa de validar los modelos con datos independientes o validación cruzada.

**Tabla 1.** Modelos logísticos clasificados por grupo de siembra y variables meteorológicas: Estimadores de los parámetros de los modelos de regresión logística de respuesta binaria para estimar la probabilidad de ocurrencia del Cinf, basado en variables meteorológicas calculadas en los PSI. Base de datos original: GS1 n=52 Variedades Ciclo Largo / GS2 n=48 Variedades Ciclo intermedio

Modelo <sup>a</sup>	Ecuación	Habilidad Predictiva			
		P*	Precisión	Somers'D	Gamma
GS 1	-6,040+0,543 DPrec7+0,022 PPrecHR-0,660 TP2+2,631 GR	0,44	92,3%	0,911	0,911
GS 2	-10,398+1,032 DPrec9+0,120 DHR-0,723 TP2+5,306 GR	0,50	89,6%	0,932	0,932

GS1 concordante (%)=95,5; discordante (%)=4,5; empate (%)=0. GS2 concordante (%)=96,6; discordante (%)=3,4; empate (%)=0. P\*, probabilidad crítica para la clasificación

## REFERENCIAS

- Coakley, S.M.; McDaniel, L.R.; Shaner, G. 1985. Model for predicting severity of *Septoria tritici* blotch on winter wheat. *Phytopathology* 75: 1245-1251.
- Cordo, C.A.; Mónaco, C.I.; Altamirano, R.; Perelló, A.E.; Larrán, S.; Kripelz, N.I.; Simón, M.R. 2017. "Weather Conditions Associated with the Release and Dispersal of *Zymoseptoria tritici* Spores in the Argentine Pampas Region," *International Journal of Agronomy*, vol. 2017, Article ID 1468580, 13 pages. doi:10.1155/2017/1468580.
- Eyal, Z.; Scharen, A.L.; Prescott, J.M.; Van Ginkel, M. 1987. Enfermedades del trigo causadas por *Septoria*: Conceptos y métodos relacionados con el manejo de estas enfermedades. CIMMYT. México, D.F., México, 52 pp.
- Gilchris, L.; Dubin, H.J. 2002. *Septoria diseases of wheat*. 273-278. In: *Bread Wheat Improvement and Production*. B.C. Curtis, S. Rajaram y H. Gómez Macpherson (eds.). FAO, Roma.
- Hansen, J.G.; Jorgensen, L.N.; Welling, B. 1994. Thresholds for control of *Septoria* spp. in winter wheat based on precipitation and growth stage. *Plant Pathology* · DOI: 10.1111/j.1365-3059.1994.tb00569. x. 43:183-189
- Moschini, R.; Martinez, M.; Sepulcri, M. 2013 Sistemas de Pronóstico de enfermedades. Capítulo XXI. en: *Agrometeorología- segunda edición*. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina. Pp 409 -442
- Renfro, B. L.; Young, H. C. 1956. Techniques for studying varietal response to *Septoria* leaf blotch of wheat. (Abstr.) *Phytopathology* 46:23-24.
- Te Beest, D. E.; Shaw, M. W.; Pietravalle, S.; Van Den Bosch, F. 2009. A predictive model for early-warning of *Septoria* leaf blotch on winter wheat. *European Journal of Plant Pathology* 124, 3: 413-25.

# FACTORES METEOROLÓGICOS QUE AFECTAN LA POLINIZACIÓN EN CEBOLLA

Torés, J.L.<sup>1</sup>; Albors, C.M.<sup>2,4\*</sup>; Caretta, A.I.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Agronómica, FI-UNSJ; <sup>2</sup>Cátedra de Climatología Agrícola, Dpto. de Ingeniería Agrícola, FI-UNSJ; <sup>3</sup>Cátedra de Meteorología Agrícola, FCA-UNCUYO; <sup>4</sup>Cátedra de Agua Suelo y Clima, Colegio Parroquial San Juan Bosco\*

Contacto: cristianalbors@yahoo.com.ar

**Palabras clave:** temperatura; velocidad del viento; abejas

## INTRODUCCIÓN

La superficie mundial cultivada anualmente con cebolla es aproximadamente 3,5 millones de hectáreas. En Argentina, se siembran cada año más de 20.000 ha siendo la hortaliza de mayor exportación en volumen y tercera en valor comercial; la exportación de semilla creció un 500% desde el 2001 al 2011 (INTA, 2013). Se destacan tres zonas de cultivo, Santiago del Estero, San Juan y Mendoza, Buenos Aires y Río Negro (Iurman, 2012); San Juan una de las principales con el 11% de la superficie sembrada del país y el 18% de la producción nacional en 2016 (Méndez *et al.*, 2016), con aproximadamente 350 ha/año para producción de semilla (Iurman, 2012).

La cebolla presenta dicogamia, por lo tanto, la fecundación depende de la polinización principalmente de abejas, (Reyes *et al.*, 2000). Las condiciones meteorológicas afectan la actividad de colecta (pecoreo) ya que a temperaturas iguales o menores a 9°C no vuelan mientras que desde los 14°C la actividad crece hasta los 22 °C (Reyes *et al.*, 2000 y Osorio-Santiago, 2011). Viento con velocidad entre 14 y 32 km/h disminuye la actividad pecoreadora progresivamente hasta cesar por completo (Reyes *et al.*, 2000) y según Osorio-Santiago (2011), altas velocidades causan importante mortalidad. Las abejas pueden visitar de 7 a 15 flores por minuto, dependiendo de la calidad de éstas, de las necesidades de la colmena y de los factores ambientales (Ish-Am y Eisikowitch, 1998; Apablaza, 1981). San Juan presenta características agroecológicas ideales para producción de semilla con humedad atmosférica y precipitaciones bajas (INTA, 2013). Sin embargo, los productores señalan años con bajas de producción de origen desconocido. Por ello, en este trabajo se evalúa la posible interacción entre número de abejas en un cultivo, porcentaje de floración, temperatura del aire y velocidad del viento.

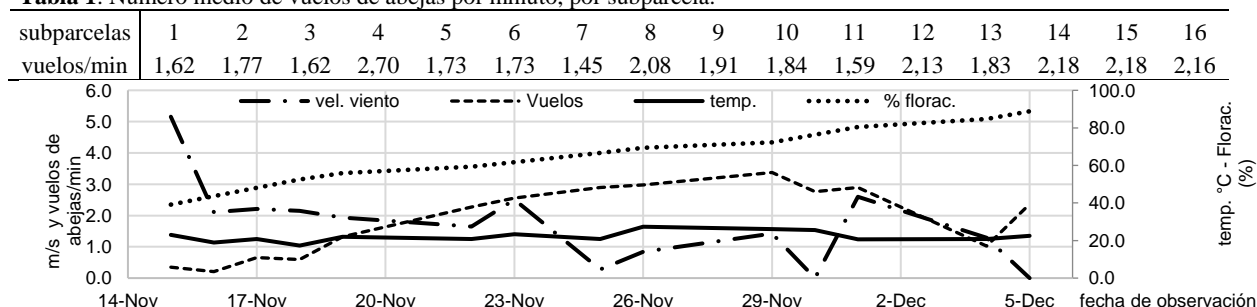
## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en una parcela de 1 ha de cebolla para semilla variedad “grano de oro”, plantado el 8 de junio de 2017, en el distrito Médano de Oro, en el departamento de Rawson, San Juan (31° 39' S; 68° 29' O). Se dividió en 16 subparcelas constituidas por dos hileras de 2 m de longitud (equivalentes a 1,2 m<sup>2</sup>) cada una, homogéneamente distribuidas en la superficie total. En los lados sur y este existe vegetación natural homogénea y continua, con una altura media de 3 m. Las observaciones fenológicas de floración se iniciaron el 4-nov. El 15-nov. empezó a registrarse la aparición de abejas y se inició su conteo visual, a las 9 de la mañana, durante tres minutos. Simultáneamente se midió temperatura del aire (1,5 m) y velocidad del viento con anemómetro manual. Se obtuvo por subparcela, valores medios de temperatura, número de abejas por minuto y velocidad del viento. Se calculó la correlación entre el número de abejas y las dos variables meteorológicas individualmente y agrupadas de a pares y con las tres simultáneamente.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

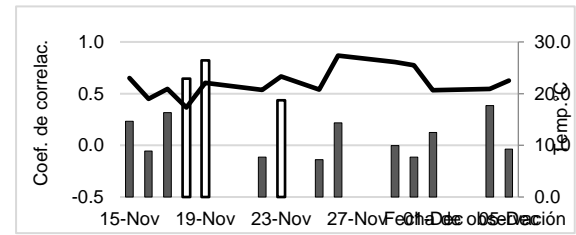
La Tabla 1 muestra que el número de visitas de abejas (promedio de todas las observaciones) por minuto en cada subparcela es mayor en las subparcelas 4, 8, 12 y 16, ubicadas del lado de la cortina que protege el viento (al este), que en las subparcelas 1, 5, 9 y 13 (más distantes de la cortina).

**Tabla 1.** Número medio de vuelos de abejas por minuto, por subparcela.

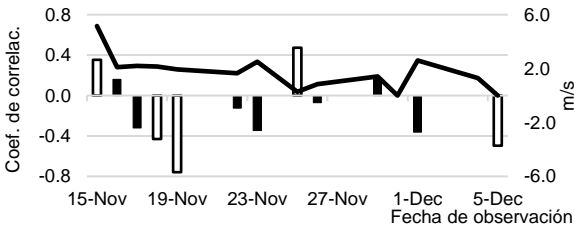


**Figura 1.** Velocidad del viento, temperatura, número de vuelos de abeja y porcentaje de floración, valores medios diarios.

En la Figura 1 pueden observarse los valores de velocidad del viento, temperatura, número de vuelos de abeja por minuto y porcentaje de floración, por parcela y día de observación; los vuelos se incrementan a medida que la temperatura aumenta, como se ve desde el 19/11 al 29/11, al igual que con la disminución de la velocidad del viento. La relación entre el porcentaje de floración y número de vuelos indican que éstos no dependen exclusivamente de la cantidad de flores abiertas.



**Figura 2.** Velocidad del viento y coeficientes de correlación con el número de vuelos por día de observación. (columnas blancas indican coeficientes significativos  $\alpha=0,05$ ;  $N=16$ )



**Figura 3.** Temperatura del aire y coeficientes de correlación con el número de vuelos por día de observación. (columnas blancas indican coeficientes significativos  $\alpha=0,05$ ;  $N=16$ )

Las Figuras 2 y 3 muestran, respectivamente, grados de asociación variables, pero en su mayoría negativos, entre velocidad del viento y número de vuelos, indicando una relación inversa entre ambos, y la correlación positiva entre temperatura del aire y número de visitas a las parcelas observadas.

Como puede verse en la Tabla 2, la mayor correlación es con las tres variables en conjunto. Si bien los coeficientes son similares la mayor influencia sería del viento y temperatura, seguidas por viento y porcentaje de floración y finalmente, floración y temperatura. Las variables de mayor correlación no incluyen el porcentaje de floración indicando que las abejas no podrían superar ciertos valores de velocidad y temperatura, a pesar de la presencia de las flores. El segundo par también incluye al viento, confirmando su efecto en el vuelo de las abejas.

**Tabla 2.** Coeficientes de ajuste y  $R^2$  entre N° de vuelos, velocidad del viento, porcentaje de floración y temperatura del aire.

N° de vuelos vs. veloc., % de florac. y temperatura	Número de vuelos vs. veloc. y temperatura	N° de vuelos vs. veloc. y % de floración	N° de vuelos vs floración y temperatura
$R^2 = 0,71$ $N = 80$	$R^2 = 0,65$ $N = 80$	$R^2 = 0,63$ $N = 80$	$R^2 = 0,59$ $N = 80$
Interc. = -1,80; Vel. = -0,32	Interc. = -0,71	Interc. = -0,05	Interc. = -3,02
Flor. = +0,03; Temp. = 0,12	Temp. = +0,16; Vel. = -0,48	Vel. = -0,23; Flor. = +0,04	Flor. = +0,06; Temp. = +0,07

### CONCLUSIONES

Se concluye que la visita de abejas a un cultivo de cebolla en floración depende de las condiciones meteorológicas de temperatura y especialmente viento, más que de factores propios del cultivo como el porcentaje de floración.

### AGRADECIMIENTOS

Al colegio Parroquial San Juan Bosco por facilitarnos el instrumental meteorológico necesario para las mediciones.

### REFERENCIAS

- Apablaza, C. 1981. Efecto de C 598 como atrayente de abejas (*Apis mellifera* L.) en la polinización de paltos (*Persea americana* Mill.) cv. Fuerte. Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Agronomía. Tesis, 50 p.
- Ish-Am, G and Eisikowitch, D. 1998a. Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. The Journal of Horticultural Science & Biotechnology 2(73): 195-204.
- INTA. 2013. Boletín informativo INTA Informa. [www.intainforma.inta.gob.ar](http://www.intainforma.inta.gob.ar)
- Iurman, D. 2012. Aspectos del mercado de la cebolla. Proyecto regional sistema de información productiva, socioeconómica y de fortalecimiento de la capacidad de gestión local de los territorios. Ediciones INTA. Pp 1-3
- Méndez, Y.; Frugoni, M.L.; Giordano, V.; Martín, F. 2016. Informes Productivos Provinciales San Juan. Año1, N°3. Secretaría de Política Económica y Planificación del Desarrollo. Ministerio de Hacienda y Finanzas Publicas. Presidencia de la Nación.
- Osorio-Santiago, Y. 2011. Identificación de plantas nativas de interés apícola a través del polen en la Comarca Lagunera. Carrera Agronómica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Licenciatura 1-59.
- Reyes Carrillo, J.L.; Cano Ríos, P. 2000. Manual de Polinización Apícola. Coordinación general de Ganadería. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación. Saltillo, Coah., México. Pp. 4-7, 21-22.

# TEMPERATURA DEL AIRE Y SU INFLUENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO INDUSTRIAL Y LA CALIDAD DE GRANO EN GENOTIPOS DE ARROZ

Pincirolí, M.<sup>1\*</sup>; Garbí, M.<sup>1</sup>; Bezus, R.<sup>2</sup>; Vidal, A.A.<sup>3</sup>; Martínez, S.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícola, <sup>2</sup>Cátedra de Mejoramiento Genético, <sup>3</sup>Programa Arroz, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de la Plata. Calle 60 y 119 (1900) La Plata, Bs. As., Argentina.

\*Contacto: pincirolí1@gmail.com

**Palabras clave:** acumulación calórica, madurez, *Oryza sativa*, grano entero

## INTRODUCCIÓN

El arroz es un cultivo tropical o subtropical que presenta gran adaptabilidad a diferentes condiciones de ambiente (Arguissain, 2006), no obstante, los factores climáticos influyen en la calidad del grano, ya que afectan el crecimiento de la planta y los procesos fisiológicos relacionados con su formación. Las temperaturas del aire durante el periodo de llenado del grano pueden explicar ampliamente las fluctuaciones en la calidad de un año a otro (Cooper *et al.*, 2008). Dado que las espiguillas son las partes más sensibles al calor, el peso medio del grano de arroz y su calidad disminuyen en condiciones de alta temperatura nocturna (Morita *et al.*, 2004). El rendimiento en grano entero es el principal factor que influye sobre la calidad industrial. La mayor o menor susceptibilidad del grano a fracturarse depende de un diverso número de variables ambientales y genéticas. Se prevé que el calentamiento global continúe como consecuencia del efecto de los gases de efecto invernadero, lo que se convertirá en un problema mundial para la agricultura de arroz en el futuro. Los modelos de circulación general predicen un incremento de la temperatura de 1,8-4°C para fines de siglo afectando, fundamentalmente, las temperaturas mínimas (IPCC, 2007). El objetivo fue evaluar la influencia de la temperatura del aire sobre el rendimiento industrial y la calidad de grano en 7 genotipos de arroz tipo comercial largo ancho.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se instaló un ensayo en la estación Experimental Julio Hirschhorn de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), La Plata, Buenos Aires, Argentina (34°52' Lat. S, 57°57' Long. W, 9,8m snm). Se sembraron 6 líneas avanzadas provenientes de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales: R/03-5x desc/04-52-1-1 (L1), R/03-5x desc/04-45-1-1 (L2), Amaroo x desc /08-1-1-1-2 (L3), R/03-5x desc/04-27-3-1 (L4), R/03-5x desc/14-1-1-1 (L5), H489-5-1-2 (L6) y una variedad de amplia difusión en la zona productora Yerua PA (Yerua), todas pertenecientes al tipo comercial doble ancho, subespecie japonica. El diseño experimental fue de bloques al azar con 3 repeticiones. La siembra se realizó en secano, en forma manual a razón de 350 semillas.m<sup>-2</sup>, en parcelas de 5 m<sup>2</sup>. El ensayo se condujo con riego por inundación a partir de los 30 días de la emergencia y se controlaron las malezas con bispiribac sodio. Los ambientes fueron I= intemperie y CP= cubierto con polietileno transparente de 100 micrones desde panojamiento y hasta cosecha. Durante este periodo, se registraron las temperaturas mediante un datalogger XR440 Pocket Logger™ (Pace Scientific Inc. Charlotte, NC, USA) cada 30 minutos con sensores (PT940, Pace Scientific Inc) ubicados en el canopeo, a la altura de las panojas (0.90m del suelo), en cada uno de los ambientes. La cosecha y la trilla se realizaron en forma manual, los granos se secaron en estufa a 40±1°C. Se determinó: peso de mil granos (PMG), porcentaje de grano entero (GE) y total (GT), temperatura de gelatinización mediante el test de Alkali (TA) y porcentaje de granos panza blanca (PB). Se computó la suma térmica para cada genotipo durante el periodo panojamiento-cosecha según el método Weather aplicando la fórmula

$$GD = \sum (T_{med} - T_b) \times nd \quad (1)$$

Donde  $T_{med}$  es la temperatura media del canopeo,  $T_b$  es la temperatura base de crecimiento del arroz (10°C) y  $nd$  los días del período considerado. Se realizó un Análisis de la Varianza (ANOVA) utilizando como fuentes de variación los ambientes y los genotipos. Las medias se compararon por el test de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros meteorológicos de temperatura media del canopeo durante el periodo de llenado de grano resultaron en promedio de 21,8°C  $\pm$  6,8°C y 22,8°C  $\pm$  7,1°C para I y CP respectivamente ( $\sigma$ =desviación estándar). Las temperaturas de los sensores oscilaron entre 6,8 °C y 39,5°C en I y entre 9,4°C y 44,0°C en CP. La amplitud resultó mayor en CP con valores de 32,7°C y 34,6°C respectivamente. Los genotipos en promedio acumularon 600,7 y 654,4 grados días en los ambientes I y CP respectivamente durante el periodo de llenado y madurez de grano.

La Tabla 1 muestra los valores medios de los diferentes genotipos en los parámetros de rendimiento industrial y calidad en los dos ambientes estudiados. Los valores PMG, GE, GT y AT no presentaron interacción significativa Ambiente por Genotipo, es decir que todos ellos se comportaron en forma equivalente en un ambiente y en otro. Los valores de PMG resultaron menores en CP que en I. Los cultivares de arroz japónica muestran una pronunciada disminución del tamaño de los granos cuando se exponen a temperaturas superiores a 26 °C durante la primera mitad del proceso de llenado del grano (Tashiro y Wardlaw, 1991). Con respecto a los genotipos el mayor correspondió a la línea L6, y el menor a la variedad testigo Yerua. Los valores de GE resultaron superiores en un 13% en CP, posiblemente las frecuentes precipitaciones de escasos milímetros ocurridas en I, hayan

provocado fisuras durante el periodo de llenado que luego se transforman en granos quebrados en el molino. La variedad Yerua resultó con mayor valor de GE que la L2. Los valores de GT no se diferenciaron entre ambientes ni entre líneas, solo la variedad Yerua superó al resto de las líneas. Los valores de TA resultaron superiores en I. Las bajas temperaturas producen una mejor calidad de grano que se refleja en menor temperatura de gelatinización, mayor valor de test de Álcali (Jenning, *et al.*, 1981). Las diferencias entre genotipos se deben a características genéticas propias de cada uno. En términos generales los porcentajes de PB resultaron un 22% mayores en I que en CP con valores de 14,4% y 11,8 % respectivamente.

**Tabla 1.** Valores medios de peso de mil granos (PMG), porcentaje de grano entero (GE), porcentaje de grano total (GT) y test de álcali (TA) para los 7 genotipos en el ambiente Intemperie (I) y cubierta plástica (CP).

	PMG	GE	GT	TA
<b>Ambiente</b>				
I	37,7 a	45,1 b	65,6 a	3,4 a
CP	37,0 b	51,8 a	65,4 a	3,3 b
<b>Interacción Ambiente x Genotipo</b>				
	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>
<b>Genotipo</b>				
Yerua	35,0 d	56,7 a	69,8 a	4,4 a
L1	37,5 b	46,3 ab	64,8 b	2,9 b
L2	37,2 b	45,5 ab	63,9 b	2,9 b
L3	37,2 bc	48,3 ab	64,7 b	2,8 bc
L4	37,3 bc	50,2 ab	64,7 b	2,6 c
L5	36,5 c	45,0 b	64,5 b	2,9 b
L6	40,9 a	47,3 ab	66,3 b	4,9 a

Ref.: *ns* no significativa ( $p \leq 0.05$ ). Letras minúsculas diferentes expresan diferencias significativas en las columnas

**Tabla 2.** Valores medios de porcentaje de panza blanca para los 7 genotipos en los ambientes Intemperie (I) y cubierta plástica

	<i>Granos panza blanca (%)</i>	
	I	CP
Yerua	13,8 abc B	21,1 a A
L1	15,8 ab A	16,2 abA
L2	18,5 aA	10,3 cd B
L3	17,2 a A	7,4d B
L4	15,0 ab A	7,3 d B
L5	9,3 cA	6,0 d A
L6	11,0 bc A	14,0 bc A

Letras minúsculas diferentes expresan diferencias significativas en las columnas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), letras mayúsculas expresan diferencias entre ambientes

Los genotipos se comportaron en forma diferencial en los distintos ambientes con respecto a la panza blanca (Tabla 2) coincidiendo con De Datta (1981), quién sostiene que existen diferencias varietales marcadas en respuesta a altas temperaturas críticas. Las líneas L2, L3 y L4 presentaron elevado valor de panza blanca en el control y más bajo en el cubierto, L1, L5 y L6 no presentaron diferencias, mientras que Yerua presentó menores porcentajes de PB en el control.

## CONCLUSIONES

El incremento en 1°C de la temperatura media del canopeo durante el periodo de llenado de grano favoreció el rendimiento en grano entero y el porcentaje de panza blanca. Posiblemente, esto se deba a que La Plata, Provincia de Bs. As, se encuentra localizada en una zona marginal desde el punto de vista de la oferta térmica para la producción de este cereal. Los materiales genéticos tienen respuestas diferenciales al incremento en temperatura del aire. Esta característica debe ser tenida en cuenta en programas de mejoramiento genético de variedades para obtener materiales adaptados a los cambios que se pronostican en la atmosfera terrestre.

## REFERENCIAS

- Cooper, N. T. W.; Siebenmorgen T. J.; Counce, P. A. 2008. Effects of night time temperature during kernel development on rice physicochemical properties. *Cereal Chemistry*, 85: 276-285.
- De Datta, S. K. 1981. Principles and practices of rice production Ed. John Wiley and Sons, 642 p.
- IPCC 2007. Summary for policy makers. En: *Climate Change 2007*, Geneva, Switzerland, 9pp
- Jennings, P. R.; Coffman, W.R.; Kauffman, H.E. 1981. Mejoramiento de arroz. CIAT, 233p.
- Morita, S.; Shiratsuchi, H.; Takahashi, J.; Fujita, K. 2004. Effect of high temperature on grain ripening in rice plants: Analysis of the effects of high night and high day temperatures applied to the panicle and other parts of the plant. *J.J. Crop Science*, 73: 77-83.
- Tashiro, T.; Wardlaw, I.F. 1991. The effect of high temperature on kernel dimensions and the type and occurrence of kernel damage in rice. *Aust. J. Agric Res.*, 42: 485-496.

# ANÁLISIS PRELIMINAR DEL COMPORTAMIENTO DE LA VARIEDAD DE ALMENDRO GUARA BAJO CONDICIONES DE VIENTO ZONDA EN EL DEPARTAMENTO DE POCITO, PROVINCIA DE SAN JUAN

Castro, V.L.<sup>1\*</sup>; Alday, S.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental Agropecuaria San Juan INTA Calle 11 y Vidart. Villa Aberastain (5427) Pocito, San Juan, República Argentina

\*Contacto: castro.viviana@inta.gob.ar

Palabras clave: adversidad; plena floración

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del almendro en la provincia de San Juan se desarrolla en el Valle del Tulum. Al comienzo las principales variedades cultivadas eran las americanas de cáscara blanda. En el año 2003 se introdujo en la EEA San Juan INTA, la variedad Guara (obtenida por el CITA Zaragoza, España 1987). Esta variedad es de cáscara dura, floración tardía, autógama, de elevada densidad floral, de alta capacidad productiva, de producción regular y más resistente ante las heladas tardías (Felipe, 2000). Estas características incrementaron las expectativas de alcanzar mayores rendimientos. Una característica climática relevante de esta zona es que entre mayo y noviembre suele desarrollarse al este de la Cordillera de los Andes, un viento caracterizado por su extrema sequedad y elevada temperatura, el cual recibe el nombre de viento Zonda (Pereyra, 2000). Los daños que provoca el viento Zonda en la fruticultura de la región de Cuyo se deben a la sequedad atmosférica que genera, a la brusca elevación de temperatura y a los efectos destructivos de su fuerza. Según los registros entre 1958-2002 de la estación agrometeorológica de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo, el 47% del total de casos de viento Zonda se presenta entre agosto y la primera semana de septiembre (Caretta *et al.*, 2004). En la floración de los almendros los procesos de la polinización, fecundación y cuajado del fruto están condicionados por la temperatura y la humedad siendo determinantes para obtener una cosecha económicamente aceptable. Se estudió el comportamiento de la variedad Guara, ante condiciones meteorológicas adversas como las que se presentan durante la ocurrencia de una situación de tipo Zonda. Se analizó el resultado productivo de este cultivar en el ciclo 2015-2016, cuando se presentaron varios días de viento Zonda en el momento de plena floración, y se comparó con el rendimiento obtenido bajo las condiciones meteorológicas registradas para el mismo período en el ciclo 2014-2015.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para este trabajo se consideraron los registros fenológicos, meteorológicos del mes de agosto de los años 2014 y 2015, como así también los datos productivos. Las determinaciones se realizaron en 11 plantas de almendro de variedad Guara sobre pie Garfinem, implantada en el mes julio del 2010 en un marco de plantación de 6 m x 3 m (555 plantas/ha). Los registros fenológicos de fecha de plena floración corresponden a 50% de flores abiertas. Los datos climáticos se obtuvieron de la estación meteorológica automática de la EEA San Juan INTA, ubicada en Latitud S 31°37', Longitud W 68°32' y altitud 618 m.s.n.m. Se recopilaron datos de temperatura máxima, humedad relativa mínima, evaporación del Tanque Tipo "A" y velocidad máxima y dirección del viento a 2 m de altura. El poder secante de la atmósfera fue medido a través de la evaporación registrada el día del evento Zonda en el tanque tipo "A" expresada en mm/día, clasificándose en pequeño (1 a 6 mm/día); grande (7 a 12 mm/día) y muy grande (superior a 12 mm/día) (Caretta *et al.*, 2004). En período observado se calculó el rendimiento promedio evaluando las cosechas de los ciclos 2014-2015 y 2015-2016, para lo cual se pesaron las almendras con cáscara y capota y posteriormente se estimó el rendimiento al descascarado del 20%<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Se denomina rendimiento al descascarado, al porcentaje o relación existente entre el peso total del fruto en cáscara y el fruto entero o en grano. Es un índice que proporciona el contenido o peso real del grano en las cosechas. En San Juan el rendimiento al descascarado para Guara es alrededor del 20%, ya que la almendra se entrega para su procesamiento con cáscara y capota, por ello los rendimientos al descascarado para Guara son menores que lo citado por la bibliografía extranjera.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La floración es un período crítico para el establecimiento de la cosecha, ya que el número de flores que son polinizadas y que luego son fecundadas, determina la cantidad máxima de frutos que se pueden desarrollar. Las fechas de plena floración (50% de flores abiertas) fueron: el 18/08/2014 y el 24/08/2015. Se observó una marcada diferencia en los registros meteorológicos entre el año 2014 y 2015. Algunas de estas diferencias observadas son las referidas al valor de humedad relativa mínima. Se consideran valores críticos de humedad relativa en floración a registros menores al 10%, ya que pueden afectar los procesos de polinización y fecundación. A su vez, la alta velocidad del viento ocasiona problemas mecánicos de ruptura y pérdida de flores.

**Tabla 1.** Temperatura máxima, humedad relativa mínima, evaporación del tanque tipo “A”, velocidad y dirección de viento correspondiente a días del mes de agosto de 2014.

Agosto 2014, Día	Temperatura máxima, °C	Humedad relativa mínima, %	Evaporación del tanque tipo “A”, mm	Velocidad máxima y dirección de viento, km/h
17	31,7	12	3	23 NNE
18	30,5	15	2,5	14 S
19	33,0	14	2	14 SW
20	30,2	21	2	14 S

**Tabla 2.** Temperatura máxima, humedad relativa mínima, evaporación del tanque tipo “A”, velocidad y dirección de viento correspondiente a días de viento Zonda del mes de agosto de 2015. (\*) Sin datos de dirección.

Agosto 2015, Día	Temperatura máxima, °C	Humedad relativa mínima, %	Evaporación del tanque tipo A, mm	Velocidad máxima y dirección de viento, km/h
21	25,9	7	7	43,5 WNW
22	24,8	8	10	45,1 W
25	30,3	5	8	85,3 W
26	23,4	5	6	40,2 W
28	36,8	5	7	14,5*
29	33,8	7	5	9,7*

Estas condiciones, en el año 2015, de elevada temperatura con baja humedad relativa, alta evaporación y velocidad de viento, deberían haber dificultado la polinización, fecundación y cuaje de las flores. Sin embargo, a pesar de la situación descripta en relación a las condiciones meteorológicas adversas producidas por el Zonda durante el período de floración, el rendimiento del ciclo 2015-2016 fue 710,4 kg/ha de almendra pelada, en tanto el rendimiento del ciclo 2014-2015 en el cual no se registró viento Zonda en la etapa de floración, alcanzó un valor de 555 kg/ha de almendra pelada. Además, se debe considerar el aumento de rendimiento relacionado con la fase de producción creciente en el que se encuentran las plantas, en la cual continúa el crecimiento y con él la producción de frutos. En este período, la capacidad de producción es creciente como consecuencia del crecimiento del árbol y de la mayor presencia de ramos y órganos productivos (Felipe et al., 2017).

## CONCLUSIONES

A pesar de las condiciones meteorológicas adversas del año 2015, en que se registraron reiteradas ocurrencias de viento Zonda durante la etapa fenológica de floración del almendro (seis días en total), el cultivar Guara logró mantener una adecuada capacidad productiva. En la plantación de almendros evaluada, el rendimiento estimado alcanzó 710 kg/ha de almendra pelada. Las características que tiene el cv Guara de autofertilidad, autogamia, elevada densidad floral, alta capacidad productiva y mayor resistencia a condiciones climáticas adversas son las que, probablemente, le permitieron afrontar las condiciones meteorológicas descriptas, logrando niveles de cosecha económicamente aceptables. Durante los próximos años se continuará con la evaluación de la capacidad productiva de esta variedad a los efectos de confirmar esta aptitud.

## REFERENCIAS

- Caretta, A; Ortega, A; Maldonado A. 2004. Probabilidades de daño por viento Zonda en la floración de frutales, vid y olivos. Mendoza, Argentina. Revista de la FCA UN Cuyo. Tomo XXXVI. N°2. Año 2004. 49-58.
- Felipe, A. 2000. *El Almendro*. I El Material Vegetal. Tárrega (Lleida) España. INTEGRUM.2000 pp-118.
- Felipe, A; Rius, X.; Rubio- Cabetas, M.J. 2017. El Cultivo del Almendro. El Almendro II. España. Calidad Gráfica Araconsa S.L. Zaragoza.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 2014. Registro Agroclimático. Agrometeorología. Estación Agrometeorológica Pocito. EEA San Juan INTA. Agosto 2014 y Agosto 2015.
- Pereyra, B.R. 2000. Clima de la provincia de San Juan. Catálogo de recursos humanos e información relacionada con la temática ambiental en la región andina argentina en [www.cricyt.edu.ar/ladyot/catálogo/cdandes/cap.10.htm](http://www.cricyt.edu.ar/ladyot/catálogo/cdandes/cap.10.htm) disponible al (8/2/2017).

# IMPACTO NEGATIVO EN LA PRODUCCION DE LECHE EN EL LITORAL NORTE DEL URUGUAY: CAUSAS Y POSIBLES INDICADORES PARA UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Farías, M.J.<sup>1\*</sup>; Caffera, R.M.<sup>2</sup>; Saravia, C.G.<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, Centro Universitario de Litoral Norte, sede Salto, Universidad de la República, Uruguay, Rivera 1350, Salto, CP 50000, Uruguay

<sup>2</sup>Departamento de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay, Av. Garzón 780, Montevideo, CP 12900, Uruguay

\*Contacto: majofarias18@gmail.com

**Palabras clave:** estrés térmico; ola de calor; excesos hídricos

## INTRODUCCIÓN

Las olas de calor son eventos meteorológicos extremos que provocan pérdidas económicas en la producción agropecuaria por reducir la productividad de los animales, Nienaber *et al.* (2003) estableció la posibilidad de que los bovinos recuperaran la normotermia en las horas nocturnas si el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) (Thom, 1959) toma valores menores a 72. Olas de calor severas, con  $ITH \geq 72$  durante 14 horas o más al día y con una mínima oportunidad de recuperación nocturna, provocan elevada disminución de la productividad. En Argentina evaluaron la producción de leche durante dos olas de calor (Valtorta *et al.*, 2002) encontrando una reducción significativa del 17%. En Uruguay, durante olas de calor vacas en lactación evidenciaron estrés calórico medio a alto, pero la producción de leche no fue afectada cuando el período de recuperación (horas  $ITH \leq 72$ ) fue de 8 a 10 horas, mientras que cuando la recuperación fue menor (0 a 4 horas) la producción disminuyó un 18% (Saravia, 2009). Otro factor que afecta el desempeño productivo del ganado (Arias *et al.* 2008) durante el período otoño-invernal es la lluvia, la que disminuye temporalmente el consumo de alimento en un 10 a 30%; y el barro, que además de disminuir el consumo de alimento en 5 a 30% según la profundidad del mismo, afecta la partición de la energía consumida en la dieta. El objetivo de este trabajo es describir el impacto sobre la producción de leche de una situación conjunta de ola de calor y excesivas precipitaciones y su evolución atmosférica como antecedente hacia un sistema de alerta temprana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron registros diarios de producción de leche (L) y número de vacas en ordeño (VO) de marzo a mayo de 2016 de los tambos de la Estación Experimental de Facultad de Agronomía en Salto (EEFAS, Lat: 31° 23' S; Long: 57° 57' W, Alt: 90 m.) y de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC, Lat: 32°22'S, Long: 58°03' W, Alt: 42 m), ambas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, Uruguay.

Para evaluar la relación entre las variables productivas y meteorológicas se utilizaron registros horarios de temperatura y humedad del aire, velocidad del viento, radiación y precipitaciones de las Estaciones Automáticas Agrometeorológicas ubicadas en las estaciones experimentales antes mencionadas. Se realizaron balances hídricos decádicos según la metodología de Thornthwaite y Mather (1955), para los dos tipos de suelos dominantes en el área de pastoreo de las vacas lecheras en cada estación experimental (Brunsoles éutricos típicos) en la EEMAC con capacidad de almacenaje de agua disponible de 117,3 mm y en la EEFAS de 112,5 mm. La evolución atmosférica a gran escala se analizó mediante los reanálisis del NOAA/NCEP-NCAR <https://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.pressure.html>.

Para la estimación del confort de las vacas lecheras se utilizó el ITH, calculado según Valtorta y Gallardo (1996). Se definieron olas de calor si al menos durante tres días consecutivos o más se cumplían con los siguientes criterios: \* la recuperación nocturna abarcara menos de diez horas, o sea si en el día, el ITH horario fue mayor o igual a 72 durante catorce horas o más (Valtorta *et al.*, 2002); \* si el ITH promedio de las 24 horas  $\geq 72$  (Valtorta *et al.*, 2004). Para este trabajo se definió que si se cumplían simultáneamente los dos criterios era una ola de calor severa (OCS), si cumplía al menos uno de ellos era una ola de calor leve (OCL). Estas categorías se corresponden con las definidas por Nienaber *et al.* (2003).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción promedio diaria (L/VO) durante el otoño se va incrementando día a día pues la mayoría de las vacas de parición de otoño (mar-abr) incrementan paulatinamente su producción hacia el pico de producción que se dará hacia fines del otoño-comienzo del invierno. En los registros del rodeo de la EEFAS la producción promedio en la tercera década de marzo era de 16,8 L/VO, mientras que en la segunda década de abril fue de 11,9 L/VO, lo que indica una disminución de un 29,2 %; mientras que en la EEMAC la producción promedio a fines de marzo alcanzaba los 20,2 L/VO y en los últimos días de la segunda década de abril (18, 19 y 20/04/2016) la misma fue de solo 16,5 L/VO indicando una disminución del 18,3%. La situación hídrica del otoño de 2016 en las estaciones experimentales del Litoral Norte del Uruguay analizada a partir de los resultados de balances hídricos decádicos resultaron con escasas deficiencias en el mes de marzo (EEFAS 11 mm y EEMAC 8 mm). En



cambio en el mes de abril las excesivas precipitaciones resultaron colmar los almacenajes de los suelos, generando elevados excesos en las dos primeras décadas del mes (EEFAS 544 mm y EEMAC 617 mm) situación que determinó la denominada “falta de piso” en los potreros de alimentación de las vacas lecheras. En la última década de abril y el resto del otoño se alternaron escasos excesos con mínimas deficiencias (EEFAS excesos 35 mm y deficiencias 1 mm; EEMAC deficiencias 4 mm). Luego de un febrero desmesurado en lluvia, marzo presentó un acumulado de menos del 50% del valor normal (1961-1990) para el Litoral Norte del país, pero la situación cambió en abril.

La circulación atmosférica en gran escala, en los últimos días de marzo determinó un muy importante flujo de humedad en capas bajas sobre la mesopotamia argentina, incluyendo al territorio uruguayo en los primeros días de abril. Ello provocó un largo período de precipitaciones (cada día del 1° al 15, que se reanuda el 17), con un pico máximo el 18 debido a una fuerte convergencia del flujo de humedad en capas bajas, el cual venía incrementándose desde el día 15, y que continúa muy intenso hasta el 19. Del 18 al 20 de abril, ocurren precipitaciones abundantes (EEFAS 224 mm; EEMAC 243 mm respectivamente).

Con respecto a los indicadores de confort en vacas lecheras en la EEFAS del 14 al 17 de abril los ITH medios diarios oscilaron entre 73,4 y 81,2 y la cantidad de horas al día con  $ITH \geq 72$  fueron entre 8 y 24, lo que califica como OCS. En cambio, en la EEMAC en esos mismos días los ITH medios diarios oscilaron entre 71 y 76,5 y la cantidad de horas al día con  $ITH \geq 72$  fueron entre 7 y 18, lo cual aunque indica un período de elevado discomfort para las vacas en ordeño no clasifica como ola de calor. En EEFAS también se puede detectar una OCL del día 6 al 9 de abril por los ITH medios diarios  $\geq 72$  (72 a 74,6). La advección de humedad desde el norte provocó importantes incrementos en los valores del ITH en ambas olas de calor, tanto la OCL del 6 al 9 como la OCS del 14 al 17. Las anomalías de la superficie isobárica de 500 hPa muestran la persistencia de aire tropical desde el 31 marzo al 24 de abril, con una anomalía de espesor 1000/500hPa respecto de la normal de más de 100 metros geopotenciales (mvp) del 1 al 9, y también del 14 al 17. Todo ello pese a que en niveles bajos el flujo era del norte, y por lo tanto los geopotenciales al NW en niveles bajos eran negativos.

## CONCLUSIONES

En abril de 2016 en Litoral Norte de Uruguay se constataron situaciones de estrés calórico aunadas al barro debido a elevados excesos hídricos, por lo que las vacas lecheras disminuyeron el consumo diario de alimento, y concomitantemente aumentaron requerimientos de mantenimiento como consecuencia del accionar de los mecanismos termorregulatorios, provocando disminuciones en la productividad lechera de magnitud superior a los antecedentes publicados en la región.

A partir de los resultados surge como hipótesis que la conjunción de ocurrencia de intenso flujo de humedad del norte con persistencia de días, junto con las anomalías de espesor 1000/500 mayores a 80 mvp, serían precursores de olas de calor y situaciones de excesivas precipitaciones que determinan situaciones de discomfort en otoño para el litoral norte de Uruguay. En futuras investigaciones se podría comprobar dicha hipótesis con lo cual sería factible el establecimiento de un sistema de alerta temprana del riesgo en la producción lechera, al menos para el litoral norte uruguayo.

## REFERENCIAS

- Arias, R.A.; Mader, T.L.; Escobar, P.C. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos Med Vet 40:7-22.
- Nienaber, J. A.; Hahn, G. L.; Brown-Brandl, T. M.; Eingenberg, R. A. 2003. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. In International Dairy Housing Proceeding of the Conference (5th., Fort Worth, Tx), Janni, K. (ed). ASAE Publication Number 701P0203 pp 255-262.
- Saravia, C.G. 2009. Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey. Tesis de Maestría en ciencias Agrarias. Facultad de Agronomía. Montevideo. 134p.
- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. Weatherwise 12: 57-59.
- Thornthwaite, C.W.; Mather, J.R. 1955. The water balance. Climatology 8 (1):1-104
- Valtorta, S. E.; Gallardo, M. R. 1996. El estrés por calor en producción lechera. In Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Rafaela, Argentina. Miscelánea N° 81 pp. 173-185
- Valtorta, S. E.; Leva P. E., Gallardo, M. R.; Scarpatti, O. E. 2002. Milk production responses during heat waves events in Argentina. In Conference on Biometeorology and Aerobiology (15 th); International Congress on Biometeorology (16 th.), Kansas City, Mo, Boston. American Meteorological Society (ed) pp.98-101.
- Valtorta, S. C.; Gallardo, M. R.; Leva P. E. 2004. Olas de calor: impacto sobre la producción lechera en la cuenca central argentina. Reunión Argentina, (10a.) y Latinoamericana de Agrometeorología (4a.), Mar del Plata, Argentina, 13-15 octubre. Memorias en CD. Mar del Plata, Asociación Argentina de Agrometeorología.

# CUANTIFICACIÓN DEL FRÍO INVERNAL EN EL CENTRO DE SANTA FE, UTILIZANDO EL MODELO DINÁMICO

García, M.S.<sup>1\*</sup>; Leva, P.E.<sup>1</sup>; Toffoli, G.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, UNL P. Kreder 2805, Esperanza, Santa Fe, 3080, Argentina

\*Contacto: msgarcia@fca.unl.edu.ar

**Palabras clave:** cuantificación de frío; dormición; modelo

## INTRODUCCIÓN

La valoración cuantitativa de la exigencia en frío para romper la dormancia, comenzó después de que experimentalmente Nightingale y Blake (1934), determinaron en condiciones de laboratorio que el valor térmico de 7°C o 7,2 °C, era el límite superior de temperatura con acción favorable de enfriamiento.

A partir de allí, diversos investigadores establecieron una escala de cantidad de horas de frío que deberían acumular las distintas especies para prosperar y poder romper la dormición adecuadamente (Chandler *et al.*, 1937; Magness y Traub, 1941). Estos valores medios se usaron como referencia durante muchos años hasta que las manifestaciones fenológicas registradas en diferentes lugares, y bajo diferentes climas, demostraron que esta escala no es estable ni absoluta y que no todas las temperaturas por debajo de un umbral tienen el mismo poder enfriante (Agustí, 2004). Este conocimiento hizo posible desarrollar las unidades de enfriamiento o unidades de frío (UF). Si bien existen varios modelos de estimación que se adaptan a determinadas regiones (Richardson *et al.*, 1974, Gilreath y Buchanan, 1981, Shaltout y Unrath, 1983), todos utilizan las temperaturas horarias, información de escasa disponibilidad. La escala de unidades de frío se continúa usando a pesar de que estudios recientes aconsejan introducir los efectos del termoperíodo diario (Erez *et al.*, 1987). En este contexto, Erez *et al.*, (1979), desarrollaron otro esquema de cuantificación, al que se conoce como modelo dinámico (Erez *et al.*, 1990), el cual combina distintos ciclos de temperaturas moderadas que se producen durante el día y temperaturas más bajas que se producen en la noche.

Para la región centro de la provincia de Santa Fe, García *et al.*, (2009, 2011), cuantificaron para el período comprendido entre mayo y septiembre, las horas de frío de Sauce Viejo y Rafaela. Para las mismas localidades se estimaron las unidades de frío según el modelo de Richardson *et al.*, (1974), siendo junio, julio y agosto, los meses en los cuales se acumulan las unidades de frío (García *et al.*, 2012). Este modelo que aún mantiene una importante vigencia en zonas con inviernos relativamente fríos, puede ser cuestionado en cuanto a su efectividad en zonas de inviernos suaves como el que presentan las localidades en estudio (Egea, 1989).

Según Fishman *et al.*, (1987) y Erez *et al.*, (1988), el modelo dinámico ha dado mejores resultados en climas templados cálidos y subtropicales.

El objetivo del presente trabajo fue determinar la disponibilidad de frío aplicando el modelo dinámico en las localidades de Rafaela y Sauce Viejo (Santa Fe).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las localidades de Rafaela y Sauce Viejo se encuentran ubicada a los 31° 11' S y 61° 33' W y 31° 42' S y 60° 40' W, respectivamente. El tipo climático correspondiente según la clasificación de Köppen (Conde, 2000) es Cfa (templado húmedo sin estación seca con veranos muy calurosos).

Los datos de temperatura del aire que se utilizaron para caracterizar agroclimáticamente a las localidades en cuanto a la disponibilidad de frío, corresponden a la Estación Experimental Agropecuaria (INTA) Rafaela (31° 11' S; 61° 33' W, 100 msnm) y Sauce Viejo (31° 42' S; 60° 40' W 13 asnm), ambas pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional.

Con los valores diarios de temperaturas máximas y mínimas de ambas localidades (Serie: 1970-2007), se simuló la marcha diaria de la temperatura para los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, utilizando la metodología de Parton y Logan (1981) ajustada para la región centro de Santa Fe por García *et al.*, (2010,2011). Con las temperaturas medias horarias simuladas se estimaron para los meses analizados, las porciones de frío (PF) aplicando el modelo dinámico (Fishman, *et al.*, 1994).

A través de estadísticos simples y mediante la utilización de un software estadístico (Di Rienzo *et al.*, 2010), se analizaron las PF acumuladas en las dos localidades.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1, se observan las porciones de frío mensuales (PFm) y acumuladas (PFA) para la localidad de Sauce Viejo y Rafaela. La distribución de las PFA a lo largo del año es similar en ambas localidades.

De los cinco meses analizados, en Sauce Viejo y Rafaela, julio es el mes que mayor contribución realiza, aportando del total acumulado el 43 % y 39%, respectivamente. En cuanto al aporte de PF mensuales, le siguen los meses de junio (36% y 37%) y agosto (17%), siendo este último mes similar en ambas localidades.

En Rafaela, el mes de mayo y septiembre aportan 1 y 2 PF, respectivamente, mientras que en Sauce Viejo la contribución de dichos meses resulta ser nula.

Por otro lado, y coincidiendo con lo informado por García *et al.*, (2010, 2011), sobre la disponibilidad de frío de ambas localidades, las PFA en Sauce Viejo son menores a las estimadas para Rafaela. Esto podría obedecer a la acción reguladora que ejerce sobre la región la gran masa de agua que representa el Río Paraná (Cáceres, 1980).

Considerando que no se conocen los requerimientos de PF en los frutales, se adaptó la equivalencia de porciones de enfriamiento y horas de frío calculada por Luedeling y Brown, (2009). Según los autores, 50 PF corresponden a 600HF. (Tabla 2). Analizando los resultados y comparándolos con las horas de frío reales informadas por García *et al* (537 HF y 437 HF, Rafaela y Sauce Viejo, respectivamente), se puede inferir que la aplicación del modelo dinámico para las localidades en estudio, no mejoraría el comportamiento de los otros modelos de cuantificación

**Tabla 1.** Porciones de frío mensuales (PFm) y acumuladas (PFA) en los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre para las localidades de Sauce Viejo y Rafaela (Serie: 1970-2007).

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	PFA
Sauce Viejo	0	13	16	8	0	37
Rafaela	1	17	18	8	2	46

**Tabla 2.** Transformación de las PF (porciones de frío) en Horas de frío (HFa) para los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre para las localidades de Sauce Viejo y Rafaela (Serie: 1970-2007).

	May	Jun	Jul	Ago	Sep	HFa
Sauce Viejo	0	156	192	96	0	444
Rafaela	12	204	216	96	24	552

## CONCLUSIONES

Las porciones de frío para Sauce Viejo y Rafaela son 37 y 46 PFA, respectivamente. Si bien los estudios actuales de enfriamiento invernal, proponen usar este modelo para cuantificar el frío invernal en regiones con inviernos benignos, por los resultados obtenidos las horas de frío sigue siendo la metodología más utilizada. para cuantificar el frío invernal de ambas localidades.

## REFERENCIAS

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, Spain. 493 p.
- Chandler, W.H.; Kimball, M.H.; Phillip, G.L; Tufts W.P.; Weldon, G.P. 1937. Chilling requirements for opening of buds on deciduous orchard trees and some other plant in californiainiv. Of California College Agr. Exp. Sta. Bul. 611.
- Di Rienzo J.A.; Casanoves, F; Balzarini, M.G; González L., Tablada M.; Robledo. C.W. Infostat versión 2010. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Egea, J., 1989. Necesidades de frío en frutales de hojas caducas. Estado de la cuestión. Frut.Prof.,24,19-25.
- Erez, A. 1987. Chemical control of budbreack. Hortscience 22:1240-1243.
- Erez, A.; Fishman; S.; Linsley-Noakes G.C.; Allan, P.1990 The Dynamic Model for rest completion in peach buds.Acts Horticulturae, 276: 165:174.
- Erez, A.; Fishman,S.; Gat Z.; Couvillon, G. A.1988. Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the dynamic model. Acta Hort. 232:76-89.
- Erez, A.; Couvillon G.A; Hendershilt, C.A 1979. Quantitative chilling enhancement and negation in peach buds by high temperatures in a daily cycle. J.Soc.Am.Hort.Sci.104:536-540.
- Fishman,S.; Erez, A.; Couvillon, G.A.1987. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two step model involving cooperative transition. J. Theor. Biol. 124:473-483.
- García, M.S.; Leva; P. E.; Toffoli, G.; Gariglio N.; Valtorta S.E .2011. Disponibilidad de horas de frío para la localidad de Sauce Viejo (Santa Fe, Argentina). Revista FAVE - Ciencias Agrarias 10 (1-2): 69-75.
- García, M.S.; P. E. Leva; G. Toffoli; Gariglio, N.. 2012. Determinación de unidades de frío para Rafaela (Santa Fe). XIV Reunión Argentina de Agrometeorología. Malargue, Mendoza. Abstratc.pp.89
- García, M.S.; Leva; P. E.; Valtorta; S.E.; Gariglio N.; Toffol, G. 2009. Disponibilidad de horas de frío para la localidad de Rafaela (Santa Fe, Argentina): Modelos de estimación. Rev. Facultad de Agronomía UBA, 29 (3): 163-168.
- Gilreath, P.R.;Buchanan, D.W. 1981. Rest prediction model for lowchilling Sungold nectarine. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(4): 426-429.
- Luedeling, E.; Brown, P.2009. A global analysis of the comparability of winter chill models for fruit and nut trees. <<http://link.springer.com/article/10.1007/s00484-010-0352-y#page-1>>.Consultado 01/03/2018.
- Magness, J. y H. Traub. 1941. Climates: Adaptation of fruit and nut crops. Climate and Man Yearbook, 400 – 416, Washington, U.S.A.
- Nightingale, G.T. y Blake., M.A. 1934. Effects of temperature on the growth and composition Stayman and Baldwin apple trees. New Jersey Afric. Exper. Sta., Bull 566, New Brunswick.
- Parton, W. J y Logan. J. A. 1981. A model for diurnal variation en soil and air temperature. Agric. Meteorol. 23:205- 216.
- Richardson, E.A.; Seeley, S.D.; Walter, R.D. 1974. A model for estimating Completion of Rest for “Redhaven” and “Elberta” Peach Trees. Hortscience 9: 331-332.
- Shaltout, A.D.; Unrath, C.R. 1983. Rest completion prediction model for starkrimson delicious apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(6): 957-961.

# INDICES BIOCLIMÁTICOS PARA *ANODA CRISTATA* (L.) SCHLTDL (MALVA-CEAE)

Jara, S.I.<sup>1\*</sup>; Rotea, F.<sup>3</sup>; Apóstolo, N.M.<sup>2</sup>; Francescangeli, N.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Dto. de Tecnología, <sup>2</sup> Dto. de Ciencias Básicas, <sup>3</sup> estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Luján, Ruta 5 y 7, Luján, 6600, Argentina. <sup>4</sup>EEA INTA San Pedro, Ruta 9, Km 170, San Pedro 2930, Argentina.

\*Contacto: jasilvia@hotmail.com

**Palabras clave:** temperatura base, tiempo térmico, fotoperíodo crítico, coeficiente de variación

## INTRODUCCIÓN

Diversos estudios demuestran que la temperatura del aire y el fotoperíodo son los principales factores atmosféricos que regulan el crecimiento y desarrollo de una planta (Summerfield *et al.*, 1993). Su influencia puede estimarse a través de índices bioclimáticos como: la temperatura base ( $T_b$ ) o temperatura a partir de la cual se inicia el desarrollo; la temperatura máxima de desarrollo ( $T_B$ ) o temperatura sobre la que se detiene el desarrollo; el tiempo térmico ( $TT$ ) o unidad de calor acumulado que predice y describe el tiempo fisiológico de una planta (Richie y NeSmith, 1991) y el umbral fotoperiódico ( $UF$ ) o fotoperíodo crítico ( $FC$ ), parámetros que afectan la velocidad de floración (Summerfield *et al.*, 1997). Existen diversos métodos para determinar los índices térmicos, el de Regresión Lineal Simple (RLS) y el de Menor Coeficiente de Variación (MCV) son los más usados (Lima y da Silva, 2008). Para definir el  $TT$ , McMaster y Wilhelm (1997) describen un método para maíz, pero que puede ser usado para cualquier otro cultivo (Su *et al.*, 2013).

*Anoda cristata* es una hierba anual de verano, nativa de la provincia de Buenos Aires, cuyas flores y hojas son utilizadas con fines medicinales y alimenticios. Con el fin de obtener información que promueva su cultivo, el objetivo de este trabajo fue determinar los índices bioclimáticos que condicionan su desarrollo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En las fechas: 20/11/2017; 20/12/2017; 22/12/2016; 05/01/2018 y 20/01/2018, en la Universidad Nacional de Luján (34° 35' S; 59° 04' W) fueron sembrados almácigos de *Anoda cristata* bajo cubierta, con semillas procedentes de poblaciones naturales. Cuando las plántulas presentaron 2 hojas fueron trasplantadas a macetas dispuestas al aire libre, sin limitación de agua, bajo un diseño experimental de bloques completos aleatorizados con cuatro repeticiones. Fueron realizadas observaciones fenológicas periódicas para determinar las fases: números de hojas, inicio de floración, floración y fructificación. Para los subperíodos comprendidos entre las fases se obtuvo 1) la tasa de desarrollo ( $1/d$ ) calculada como la inversa de su duración, en días y 2) la temperatura media ( $t$ ) calculada a partir de temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en la Estación meteorológica estándar de la misma Universidad y, 3) el fotoperíodo calculado con los datos de la heliofanía teórica.

A través del método RLS se obtuvo una curva que ajustó la  $1/d$  y la  $t$  de cada subperíodo considerado. La intercepción de la curva en que  $1/d = 0$ , determinó la máxima temperatura de desarrollo o temperatura a partir de la cual se detiene el desarrollo ( $T_B$ ). La inversa de la pendiente de la recta resultó ser el valor del  $TT$  del subperíodo. Fue considerado un nivel de significancia de 0,05.

Mediante el método MCV a través de (1), fue determinada la temperatura base o temperatura a partir de la cual inicia el desarrollo ( $T_b$ ), para lo cual fue utilizada una serie de  $T_b$  entre -4 °C a 20 °C. Con los resultados del  $TT$  de cada fecha y para cada valor de  $T_b$ , se obtuvo el valor medio de  $TT$  y fue calculado el coeficiente de variación ( $cv$ ) como el cociente entre el desvío estándar y el  $TT$  medio. La  $T_b$  que presentó el menor  $cv$  fue la  $T_b$  seleccionada del subperíodo:

$$TT_{Sub} = \sum_1^n [(T_{max} + T_{min}/2) - T_b] \quad (1)$$

donde  $TT_{sub}$  es el tiempo térmico del subperíodo considerado (°Cd),  $T_{max}$  es la temperatura máxima diaria (°C),  $T_{min}$  es la temperatura mínima diaria (°C),  $T_b$  es la temperatura base (°C) y  $n$  es el número de días que tarda en completarse el subperíodo. Condición de (1):  $T_{max} = T_B$  si  $T_{max} \geq T_B$ ;  $T_{max} = T_b$  si  $T_{max} \leq T_b$ ;  $T_{min} = T_B$  si  $T_{min} \geq T_B$ ;  $T_{min} = T_b$  si  $T_{min} \leq T_b$ ; sino  $T_{max}$  y  $T_{min}$  tomaran su propio valor.  $T_B$  es la máxima temperatura de desarrollo (McMaster y Wilhelm, 1997).

Para detectar la influencia del fotoperíodo ( $Ft$ ), fue analizada: a) la relación funcional entre la tasa de desarrollo, la temperatura y el fotoperíodo a partir de un análisis de regresión múltiple y, b) el comportamiento entre el  $TT$  y el  $Ft$  del subperíodo 3 hojas-inicio de floración (Sub.3H-iFl), respecto al atraso de la fecha de trasplante.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación entre la tasa de desarrollo y la temperatura fue significativa para los subperíodos 3 hojas-inicio de floración (3H-iFl) y 5 hojas-Inicio de floración (5H-iFl). En esos subperíodos la  $1/d$  disminuyó al aumentar la temperatura del aire ( $t$ ) por lo que fue posible determinar la  $T_B$ . Las funciones que lo describieron son:

$$1/d_{(3H-iFl)} = -0,0074t + 0,203 \quad R^2 = 0,88 \text{ (p < 0,05)} \quad (2)$$

$$1/d_{(5H-iFl)} = -0,0161t + 0,418 \quad R^2 = 0,93 \text{ (p < 0,05)} \quad (3)$$

A partir de (2) se determinó que  $TB_{(3H-iFl)} = 27,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$

A partir de (3) se determinó que  $TB_{(5H-iFl)} = 25,93 \text{ }^{\circ}\text{C}$

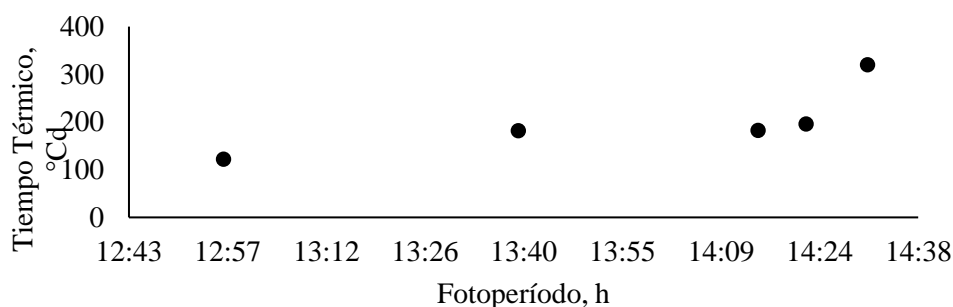
$TT_{(3H-iFl)} = 135 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$

$TT_{(5H-iFl)} = 62 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$

La  $TB$  para esos subperíodos fue la utilizada en (1) y se obtuvo que la  $Tb$  para ambos subperíodos fue de  $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$  y el  $TT$  fue de  $223 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$  y  $130 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$  para el subperíodo 3H-iFl y 5H-iFl respectivamente. El análisis realizado para estudiar el efecto conjunto del  $Ft$  y la  $t$  sobre la tasa de desarrollo del sub.3H-iFl reveló que el  $Ft$  fue el parámetro que definió a  $1/d$  mientras que la  $t$  tuvo bajo efecto. La función que lo demuestra es:

$$1/d_{(3H-iFl)} = 0,251 - 0,177Ft - 0,005t \quad R^2 = 0,95 \text{ (p < 0,05)} \quad (4)$$

De la relación entre el  $TT$  y el  $Ft$  en el Sub.3H-iFl se detectó distinta reacción del tiempo fisiológico respecto al fotoperíodo. Trasplantes tempranos provocaron un incremento de la etapa vegetativa ya que no florecieron hasta no percibir el estímulo fotoperiódico, en esos casos el  $TT$  tendió a aumentar por encima del fotoperíodo de 13h y llegó a un valor máximo cuando el fotoperíodo fue de 14:30h. (Figura 1).



**Figura 1.** Tiempo térmico en función del fotoperíodo para el subperíodo 3H-iFl

## CONCLUSIONES

Fue posible determinar las temperaturas cardinales de desarrollo de *A. cristata* mediante la utilización de dos metodologías: RLS y MCV. Las diferencias presentadas en el tiempo fisiológico calculado por ambos métodos se explican por la intervención de la  $Tb$ , por lo tanto, es conveniente utilizar datos de  $TT$  obtenidos por el MCV ya que la incluye. Para las condiciones evaluadas entre la tasa de desarrollo y la temperatura media, la relación solo fue significativa en los subperíodos 3hojas-inicio de floración y 5hojas-inicio de floración, la  $Tb$  para ambos subperíodos fue de  $16 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; mientras que la  $TB$  de 3hojas-inicio de floración fue de  $27,43 \text{ }^{\circ}\text{C}$  con  $TT$  de  $223 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$  y la  $TB$  de 5hojas-inicio de floración fue de  $25,93 \text{ }^{\circ}\text{C}$  con  $TT$   $130 \text{ }^{\circ}\text{Cd}$ . El análisis del efecto conjunto del fotoperíodo y la temperatura media sobre la tasa de desarrollo del subperíodo 3hojas-inicio de floración reveló que el fotoperíodo fue el parámetro que mejor la definió. Con respecto a las respuestas fotoperiódicas observadas con el atraso del trasplante, se consideran coincidentes con las de una planta de día corto cuantitativa, resultando el FC o fotoperíodo a partir del cual la floración se retrasa de 13h y el FU o fotoperíodo de máxima demora de la floración de 14:30h.

## REFERENCIAS

- Lima, E.P. y da Silva, E.L. 2008. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 12 (3):266–273
- McMaster, G.S.; Wilhelm, W.W. 1997. Growing degree-days: one equation, two interpretations. Agricultural and Forest Meteorology 87:291–300
- Ritchie, J.T y NeSmith, D.S. 1991. Temperature and crop development. En: Hanks J. y Ritchie (Ed.). Modeling plant and soil systems. Agronomy. Madison, USA. 4–29 pp.
- Summerfield, R.J.; Ellis, R.H.; Craufurd, P.Q.; Aiming, Q.; Roberts E.H.; Wheeler, T.R. 1997. Environmental and genetic regulation of flowering of tropical annual crops. Euphytica 96: 83 – 91
- Summerfield, R.J., Lawn, R.J., Qi, A., Ellis, R.H., Roberts, E.H., Chay, P.M., Brouwer, J.B., Rose, J.L., Shanmugasundaram, S., Yeates, S.J., Sandover, S. 1993. Towards the reliable prediction of time to flowering in six annual crops: II. Soyabean Glycine max. Exp. Agric. 29, 253–289.
- Su, L.; Wang, Q.; Bai, Y. 2013. An analysis of yearly trends in growing degree days and the relationship between growing degree day values and reference evapotranspiration in Turpan area, China. Theor Appl Climatol 113:711–724

# ESTIMACIÓN DEL CONFORT TÉRMICO HUMANO EN DOS ESPACIOS AL AIRE LIBRE DE MALDONADO (URUGUAY)

Vazquez Mora, D.<sup>1</sup>; Alvaríño, S.<sup>1</sup>; Picción, A.<sup>2</sup>; Cruz, G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centro Univer. Reg. Este (Udelar), Tacuarembó entre Av. Artigas y Aparicio Saravia, Maldonado-20000, Uruguay. <sup>2</sup> Fac. de Diseño y Urbanismo (Udelar), Montevideo-11200, Uruguay. <sup>3</sup> Fac. de Agronomía (Udelar), Montevideo- 12900, Uruguay.

\*Contacto: paisajismo.uy@gmail.com

**Palabras clave:** biometeorología; UTCI; indicadores biometeorológicos

## INTRODUCCIÓN

El diseño de los espacios urbanos al aire libre tiene cada vez mayor importancia, porque las actividades humanas se realizan al aire libre y porque son afectados fuertemente por la presencia de islas de calor urbanas y por eventos climáticos. Dada la dificultad de controlar las condiciones térmicas las personas pueden tener bajas expectativas con respecto a la comodidad térmica al aire libre. Además las personas en diferentes áreas pueden tener diferentes sensaciones térmicas o preferencias, incluso bajo las mismas condiciones climáticas (Lin *et al.*, 2008). Entre los métodos de investigación que se identificaron para el estudio de confort térmico, los estudios de tipo correlacional son aquellos basados en encuestas de opinión y medición de variables meteorológicas (Bojórquez, 2010). En este trabajo se relacionó la percepción de los individuos sobre el confort térmico con datos objetivos del ambiente, para establecer indicadores meteorológicos (predictores) de confort térmico humano como insumo en la planificación de espacios al aire libre. Los datos del microambiente se obtuvieron a través de las esferas de vernon que permitieron registrar una medición que es un buen predictor del efecto combinado de la temperatura del aire, la radiación de onda larga y el movimiento del aire en el estrés térmico humano (Aparicio *et al.*, 2016). El Universal Thermal Climate Index (UTCI) es un índice basado en el más reciente progreso científico tanto en termofisiología como en la teoría del intercambio de calor (Bröde *et al.*, 2013). Un Índice Universal debe cumplir entre otros requisitos ser termofisiológicamente significativo en toda la gama de intercambio de calor y válido en todos los climas, estaciones y escalas (Jendritzky *et al.*, 2001).

## MATERIALES Y MÉTODOS

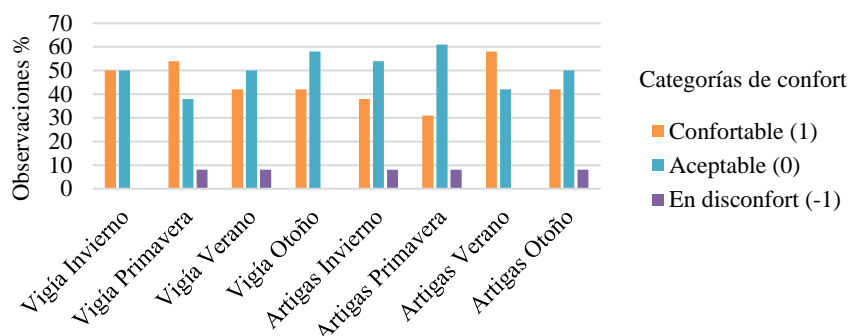
Se analizaron dos espacios públicos del Departamento de Maldonado, plaza de la Torre del Vigía (Municipio de Maldonado) y plaza Artigas (Municipio de Punta del Este), al Sureste del Uruguay (34°54'0" S 54°57'0" O). Se realizaron 97 encuestas en las cuatro estaciones del año, en las que se indagó sobre el nivel de confort térmico de los individuos. En primer lugar, se preguntaron aspectos como edad, sexo, actividad que estaba realizando y la vestimenta que trae puesta. En segundo lugar, se les preguntó sobre la sensación de confort térmico y sus preferencias siguiendo la escala ASHRAE (ASHRAE Standard 55, 2010) de siete niveles para el voto de sensación térmica. A su vez se preguntó por las preferencias del individuo, sobre la base de la escala de tres puntos de McIntyre (1978), como: “preferir estar en un lugar más cálido” o “preferir en un lugar más frío” o “no cambiar”; también sobre confort térmico y preferencia respecto al movimiento del aire y a la radiación en ese momento. Las encuestas se realizaron desde julio 2016 hasta junio 2017, y se efectuaron entre las 9:00 y las 17:00 horas. Paralelamente se realizaron medidas instantáneas de las variables que caracterizan al ambiente que rodea al sujeto y con el cual intercambia calor: temperatura del aire y velocidad de viento con termo anemómetro y temperatura de las superficies (pavimentos) con termómetro infrarrojo. En cada sitio se instalaron esferas de Vernon al sol y a la sombra, conteniendo un sensor de temperatura, los datos de temperatura se almacenaron electrónicamente cada 60 minutos de forma permanente durante el período de estudio. Todos estos datos se sistematizaron y se compararon con los datos de las estaciones meteorológicas (EM) de referencia para un período de 7 años (junio 2010-mayo 2017), período mínimo de información de temperatura y humedad que representa un período climático (30 años) es de 6 años ( $R^2 > 0,8$ ) (Cruz y Urioste, 2009). Aplicando el software se calculó el índice UTCI como predictor de confort térmico humano.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las temperaturas instantáneas del aire y la sensación de confort, variaron según la época del año. Se observó que el usuario está en confort en un amplio rango de temperaturas (Tabla 1), lo que se explica por la capacidad de adaptación de las personas. La comparación de los resultados en las distintas plazas mostró que la época del año más confortable fue el verano en plaza Artigas (58%) y la primavera en la plaza Torre del Vigía (54%) (Figura 1). Esto se justifica por la diferente ubicación geográfica: mientras la plaza Artigas se encuentra en una península, la plaza Torre del Vigía está en el centro de la ciudad de Maldonado. La ubicación peninsular favorece la circulación del viento y hace del verano la época del año más confortable. En el resto de las épocas predomina la categoría aceptable en los dos sitios de estudio. Las preferencias tienden a más cálido, los valores instantáneos de temperatura del aire y velocidad del viento asociados al disconfort mostraron que, tanto en el estrés por baja temperatura como por alta temperatura, la componente viento fue la mayor responsable del disconfort (1.9 a 4.5 m/s).

**Tabla 1.** Rango de temperaturas instantáneas (T°C) asociadas a respuestas de “estar en confort térmico”

Época	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
Rango de T (°C)	18.8 – 25.1	10.6 – 17.1	16.1 – 29.9	27.3 – 32.6

**Figura 1.** Porcentaje de observaciones según categorías (confort, aceptable y disconfort) según época del año y plaza.

Las temperaturas registradas en las esferas de Vernon y las temperaturas instantáneas del aire estuvieron dentro de los rangos térmicos del período de 7 años observado en la EM.

EL índice UTCI en las épocas de otoño, invierno y primavera en ambos lugares, se ajustó al resultado de las encuestas. En cambio, en los meses de verano el índice alcanzó valores correspondientes a estrés por calor moderado y severo mientras que los encuestados manifestaron estar en confort. Aun así, se comprobó para ambos casos que, excepto en verano, la predicción del modelo se ajustó a lo obtenido en las encuestas, indicando una situación de confort térmico en los dos espacios públicos (Tabla 2). En verano, los resultados de la aplicación del UTCI pronosticaron condiciones de estrés térmico moderado o fuerte, sin embargo, en esas condiciones las personas manifestaron estar en confort térmico. Esto puede ser debido a que las poblaciones se adaptan a su entorno local, lo que puede explicar la mayor adaptación al calor de nuestros encuestados frente a los individuos del lugar donde este índice fue desarrollado.

**Tabla 2.** Temperatura del aire instantánea y UTCI en °C para la plaza Torre del Vigía a la sombra en las cuatro épocas.

	Observados		Predichos	
	T aire inst. sombra	Encuestas	UTCI	UTCI
Otoño	21	Confort	21.1	Confort
Invierno	14.2	Confort	15.1	Confort
Primavera	18.2	Confort	16.3	Confort
Verano	29.4	Confort	31.3	Mod.estrés calor

## CONCLUSIONES

El trabajo plantea estudiar la percepción de los usuarios en los espacios estudiados, los resultados muestran que están mayoritariamente adaptados a las condiciones térmicas típicas del sitio y a su variación estacional.

El índice UTCI se ajusta a la respuesta de los usuarios excepto en verano, donde la predicción del UTCI indicó situación de estrés por calor cuando los usuarios manifestaron estar en confort térmico. Es necesario ajustar el índice UTCI para el verano, para contar con una estimación fiable y rápida del confort térmico humano en el SE de Uruguay.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con el apoyo de la Comisión Sectorial de Investigación de la Universidad de la República

## REFERENCIAS

- Aparicio, P.; Salmerón, J.; Ruiz, A.; Sánchez, F.; Brotas, L. 2016. The globe thermometer in comfort and environmental studies in buildings. *Revista de la construcción*, 15(3), 57-66.
- Bojorquez, G. 2010. Confort térmico en exteriores: actividades en espacios recreativos, en clima cálido seco extremo. Tesis Doctorado. Universidad de Colima, México.
- Bröde, P.; Blazejczyk, K.; Fiala, D.; Havenith, G.; Holmér, I.; Jendritzky, G.; Kuklane, K.; Kampmann, B. 2013 The Universal Thermal Climate Index UTCI Compared to Ergonomics Standards for Assessing the Thermal Environment.
- Cruz, G.; Urioste, J. 2009. Variabilidad temporal y espacial del Índice de temperatura y Humedad (ITH) en zonas de producción lechera de Uruguay. *Agrociencia (Uruguay)*, v. XIII 2, p.37 – 46.
- Jendritzky, G., de Dear, R.; Havenith, G. 2012. UTCI. Why another thermal index? *Int J Biometeorol*. 56 (3): 421-428.
- Lin, Tzu-Ping; Lin, T.P.; Andrade, H.; Hwang, R.L.; Oliveira, S.; Matzarakis, A. 2008. The comparison of thermal sensation and acceptable range for outdoor occupants between Mediterranean and subtropical climates. *En Proceedings 18<sup>th</sup> International Congress on Biometeorology*.
- Standard, A. S. H. R. A. E. 2010. Thermal environmental conditions for human occupancy UTCI Universal Thermal Index, Calculation. Disponible en: <http://www.utci.org/> Consulta 1-10-2017

# ESTUDIO DEL RENDIMIENTO DE *P. NOTATUM* CV BOYERO EN EL SUR DE LA PROVINCIA DE SANTA FE (ARGENTINA)

Anibalini, V.A.<sup>1\*</sup>; Confalone, A.<sup>2,3</sup>; Martín, B.<sup>1</sup>; Ortiz, J.P.A.<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Rosario, Campo Experimental Villarino, CC 14, (S2125ZAA) Zavalla, Argentina. <sup>2</sup>Agrometeorología-Facultad de Agronomía - UNCPBA. Azul, 7300, Buenos Aires, Argentina, <sup>3</sup>Inv.Aso. Comisión de Investigaciones Científicas (CIC PBA), <sup>4</sup>Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (IICAR), CONICET-UNR, Campo experimental Villarino, CC 14, (S2125ZAA) Zavalla, Argentina.

\*Contacto: veroanibalini@gmail.com

**Palabras clave:** pasto horqueta; llenado de grano, grados días

## INTRODUCCIÓN

La siembra de especies nativas mejoradas constituye una importante herramienta de manejo para la producción pecuaria. En este sentido, *Paspalum notatum* Fl. (bahiagrass común o Pasto horqueta) es una especie forrajera nativa de América del Sur que tiene potencial en zonas marginales. La raza tetraploide ( $2n=4x=40$ ) está ampliamente distribuida en la región subtropical de Argentina, Brasil y Paraguay. Todos los biotipos tetraploides se reproducen por apomixis de tipo apospórica. Recientemente, el programa de mejoramiento de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), Corrientes, Argentina obtuvo el primer cultivar híbrido apomítico de la especie, designado cv. Boyero-UNNE (Urbani *et al.*, 2016). La incorporación de este nuevo cultivar a las pasturas sembradas del país supone la existencia de una producción de semillas tal que posibilite su uso. Por este motivo, es necesario el estudio de los distintos parámetros que conforman su crecimiento y desarrollo; entre ellos los que determinan el rendimiento.

El objetivo de este estudio es cuantificar algunos parámetros que determinan el rendimiento (número de espiguillas/rama y peso de mil semillas), determinar la duración (en días calendario y grados-día (°GD) de la etapa de llenado de grano, evaluar la tasa de llenado (g/día) y cuantificar el valor medio de la longitud (cm) de las ramas de la horqueta de *P. notatum* cv Boyero-UNNE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en el campo experimental “J. F. Villarino” (33° 01' de Latitud Sur y 60° 53' de Longitud Oeste) perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias (UNR), próximo a la localidad de Zavalla. El sitio presenta un total anual de precipitaciones con un rango entre 678-1338 mm, siendo la media de 990 mm. La temperatura media anual es de 17°C con un período medio de heladas que abarca desde principios de junio hasta principios de septiembre con un desvío de 20 días, resultando el período libre de heladas de 275 días.

El material vegetal utilizado fue *P. notatum* cv Boyero-UNNE, sembrado el 14 de noviembre del 2014 en el lote 5 en una superficie de 1000 m<sup>2</sup>. El período de análisis abarca las campañas: 2015-2016, 2016-2017 y 2017-2018.

La metodología empleada para evaluar el llenado de grano consistió en marcar 200 panojas al azar con su tercio medio en anthesis en el momento de plenitud de esta fase. A partir de ese momento y cada tres días se seleccionaron 20 panojas tomadas al azar entre las marcadas, denominándose tiempo cero (T0) al día de inicio de toma de las muestras y así de manera sucesiva hasta la finalización de la toma de muestras, designándose tiempo siete (T7) a la última muestra recolectada (Ruiz *et al.*, 2003). De cada muestra se escogieron 5 panojas a las que se le midió la longitud de cada una de las ramas de la horqueta y se determinó el número de espiguillas por rama. Posteriormente al total de la muestra se le extrajo el tercio medio de cada rama, y se disectaron los cariopses manualmente. Del total de cariopses se apartaron cuatro repeticiones de 100 semillas cada una y se llevaron a estufa a 67°C hasta peso constante. El resto de los cariopses colectados se conservaron en alcohol al 70% para futuras determinaciones. Para determinar la temperatura base (Tb) a utilizar para el cálculo de °GD de la etapa de llenado se empleó el método de intercepción de la equis (Arnold, 1959). Los datos agrometeorológicos fueron obtenidos de la Estación de Zavalla.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

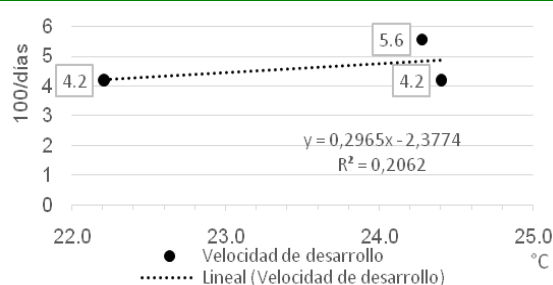
Al cabo de los 3 años de la evaluación se determinó que la etapa de llenado de grano para *P. notatum* cv. Boyero-UNNE posee una duración media de  $22 \pm 4$  días con un coeficiente de variación (CV) de 18,2 %. Mostrando dicha etapa la menor duración en el 3° año de evaluación (Tabla1). Se determinó así mismo que los °GD promedio que requiere la etapa de llenado de granos es de  $358 \text{ °GD} \pm 50 \text{ °GD}$  con un CV de 14 % (Tabla 1). La Tb utilizada para el cálculo de los °GD requeridos para completar la etapa fue de 8°C (Figura1). La misma fue obtenida como resultado de la aplicación del método de intercepción de la equis, algo menor que las halladas por Rymph (2004) en trabajos realizados en Florida con el cv. Pensacola. Se estableció que la longitud de cada rama de la horqueta promedio es de  $13,2 \text{ cm} \pm 0,63 \text{ cm}$  (Máx. 14,52 – Mín. 11,84) y el número promedio de espiguillas por rama de la horqueta es de  $86 \pm 3$  espiguillas (Máx. 93 – Mín. 76). Los resultados de esto dos últimos parámetros evaluados no mostraron prácticamente diferencias entre años, observándose un CV de 4,8 % y 3,5 % respec-



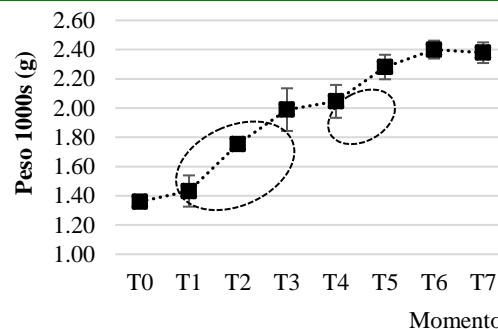
tivamente. Se determinó que el peso seco promedio de las 1000 semillas del cv Boyero-UNNE fue de  $2,38 \text{ g} \pm 0,42$  (Máx. 2,7gr – Mín. 1,3gr) con CV de 17,6 % y una tasa de llenado promedio de 0,11g/día. Asimismo, evaluando la evolución de la tasa de llenado en el tiempo se observó que la mayor tasa se da entre T1 y T3, encontrando también un segundo momento con una tasa importante entre T4 y T5 (Figura 2).

**Tabla 1.** Resultados de los parámetros evaluados por campaña

Campaña	Duración etapa (días)	Long. Media (cm)	Nº medio espiguillas	Temperatura media (°C)	100/días	°GD	Peso 1000 semillas (g)
2015-2016	24	13,9	84	24,4	4,2	410	2,6
2016-2017	24	12,7	85	22,2	4,2	355	2,64
2017-2018	18	12,9	90	24,3	5,6	309	1,9
Promedio	22	13,2	86	23,6		358	2,38
DS	4	0,63	3	1,2		50	0,42
CV (%)	18,2	4,8	3,5	5,1		14	17,6



**Figura 1.** Determinación de la temperatura base de *P. notatum* cv. Boyero-UNNE utilizando el método de intercepción de la equis



**Figura 2.** Promedio tasa de llenado cv Boyero-UNNE con +/- el Desvío Estándar (T0=momento inicial de colecta a T7=momento final de colecta)

De la comparación entre las campañas evaluadas se estableció que la tasa de llenado de grano en los primeros 2 años no mostró variaciones aún frente a diferentes temperaturas, en tanto en el tercer año a similar temperatura que el 1º año la tasa fue mayor (Figura 1). En tanto, también se observó que la variabilidad de las temperaturas entre campañas fue baja mostrando un CV del 5,1 %. Los tres años estuvieron expuestos a igual fotoperiodo, dado que la fase ocurrió siempre en la misma época, desde principios o mediados de enero hasta principios de febrero. En cuanto a las precipitaciones, en el 1º año fueron de 377 mm, en el 2º año de 581 mm mientras que en el 3º año fueron de 296 mm, es decir 81 mm menor con respecto al 1º año y 285 mm con respecto al 2º año.

## CONCLUSIONES

Del conjunto de componentes del rendimiento en estudio se determinó que el peso de las 1000 semillas fue el más afectado por la variabilidad interanual, siendo el número de espiguillas el elemento menos afectado por el ambiente. El efecto de la variabilidad interanual estaría mayormente explicado por la menor precipitación ocurrida principalmente en el 3º año, en el que se evidenció una reducción significativa de la duración de la etapa de llenado de grano (6 días) y una reducción del 27 % (0,7 g) del peso de las 1000 semillas con respecto a los años anteriores.

## REFERENCIAS

- Arnold, C.Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 74: 430-455.
- Rymph, S.J.; Boote, K.J.; Irmak, A.; Mislevy, P. and Evers, G.W. (2004) Adapting the CROPGRO model to predict growth and composition of tropical grasses: developing physiological parameters. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 63, 37–51
- Ruiz, M. de los A.; Pérez, M.A.; Arguello, J.A. y Babinec, F. J. 2003. Madurez fisiológica de la semilla de *Bromus auleticus* Trin. (cebadilla chaqueña) RIA, 32 (2): 3-20 ISSN 0325 – 8718. INTA, Argentina.
- Urbani, M.H.; Acuña, C.A.; Doval, D.W.; Sartor, M.E.; Galdeano, F.; Blount, A.R.; Quesenberry, K., C.L. and Quarín, C.L. 2016. Registration of 'Boyero UNNE' Bahiagrass. *Journal of Plant Registrations*. doi:10.3198/jpr2016.04.0021crc

# ECUACIÓN PARA EL CÁLCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA EN RUSSELL, MENDOZA

Aguilera, R.B.<sup>1\*</sup>; Flores, C.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Cuyo, Chacras de Coria, Mendoza 5505, Argentina

\*Contacto: raguilera@fca.uncu.edu.ar

**Palabras clave:** recurso hídrico; coeficiente de ajuste; riego

## INTRODUCCIÓN

La localidad de Russell (departamento de Maipú, Mendoza), se encuentra en la región de Cuyo, unas de las zonas más árida de Argentina. Con una precipitación anual de 200 mm, la agricultura allí sólo es posible bajo riego. Definir las necesidades hídricas de los cultivos es fundamental para realizar un uso eficiente del recurso hídrico. Esas necesidades pueden estimarse a partir del valor de evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ) (Allen *et al.*, 2006). La ecuación de FAO Penman-Monteith ( $ET_0PM$ ) es la recomendada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como método estándar para el cálculo de la  $ET_0$ . Esta ecuación requiere contar con información observada de varios parámetros meteorológicos que no siempre están disponibles. Otras ecuaciones, como la propuesta por Hargreaves y sus modificaciones (Hargreaves y Samani, 1985; Hargreaves y Allen, 2003), requieren básicamente datos de temperatura del aire. Esta ecuación ha producido estimaciones adecuadas de  $ET_0$  en diversas regiones climáticas (Allen *et al.*, 2006). Sin embargo, es aconsejable calibrarla y evaluarla para mejorar la precisión de su aplicación en cada zona (Vanderlinden *et al.*, 2004; Gavilán *et al.*, 2006). En la región los regantes han manifestado la falta de información y la necesidad de herramientas que les permitan mejorar el cálculo de las necesidades hídricas de sus cultivos (Aguilera y Morábito, 2016).

El objetivo de este trabajo es calibrar y evaluar la ecuación de Hargreaves (HG) para la localidad de Russell. Ello permitirá disponer de datos de  $ET_0$  confiables obtenidos a partir de la observación de pocas variables meteorológicas (temperatura), contribuyendo a realizar un uso más racional del agua.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos meteorológicos de la estación de Russell (33°01'S 68°45'O), perteneciente a la red de estaciones automáticas de la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas (DACC). Las variables utilizadas fueron las de entrada para las ecuaciones 1 y 2. El método patrón para evaluar la ecuación de HG (2) y calibrarla fue el de  $ET_0PM$  (1).

$$ET_0PM = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \left[\frac{900}{Tmed+273}\right] V2(es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0,34V2)} \quad (1)$$

donde  $ET_0PM$ : evapotranspiración de referencia ( $mm\ día^{-1}$ );  $Rn$ : radiación neta en la superficie del cultivo ( $MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$ );  $G$ : flujo del calor en el suelo ( $MJ\ m^{-2}\ día^{-1}$ ) –despreciado a escala diaria–;  $Tmed$ : temperatura media del aire a 2 m de altura ( $^{\circ}C$ );  $V2$ : velocidad del viento a 2 m de altura ( $m\ s^{-1}$ );  $es$ : presión de vapor de equilibrio o de saturación a la temperatura del aire (kPa);  $ea$ : presión de vapor del aire (kPa);  $es - ea$ : déficit de presión de vapor del aire (kPa);  $\Delta$ : pendiente de la curva de presión de vapor de equilibrio en función de la temperatura del aire ( $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$ );  $\gamma$ : la constante psicrométrica ( $kPa\ ^{\circ}C^{-1}$ ).

La ecuación de Hargreaves simplificada es la siguiente:

$$ET_0HG = 0,0023 * Ra * (Tmed + 17,78) * (Tmax - Tmin)^{0,5} \quad (2)$$

donde  $Tmed$ ,  $Tmax$  y  $Tmin$  es la temperatura media, máxima y mínima respectiva, del periodo considerado expresado en  $^{\circ}C$ .

Se realizó una calibración del método de Hargreaves mediante un coeficiente de ajuste anual ( $Ca$ ), a partir de los valores diarios calculados de  $ET_0PM$  y  $ET_0HG$  en el periodo 2008-2011. El ajuste se llevó a cabo mediante el método de cuadrados mínimos, con una recta de regresión forzada al origen. El valor de  $Ca$  obtenido para cada estación meteorológica sustituye a 0,0023 en la Ec.2, quedando:

$$ET_0HG = Ca * Ra * (Tmed + 17,78) * (Tmax - Tmin)^{0,5} \quad (3)$$

donde  $ET_0HGa$  está expresado en  $mm\ día^{-1}$ .

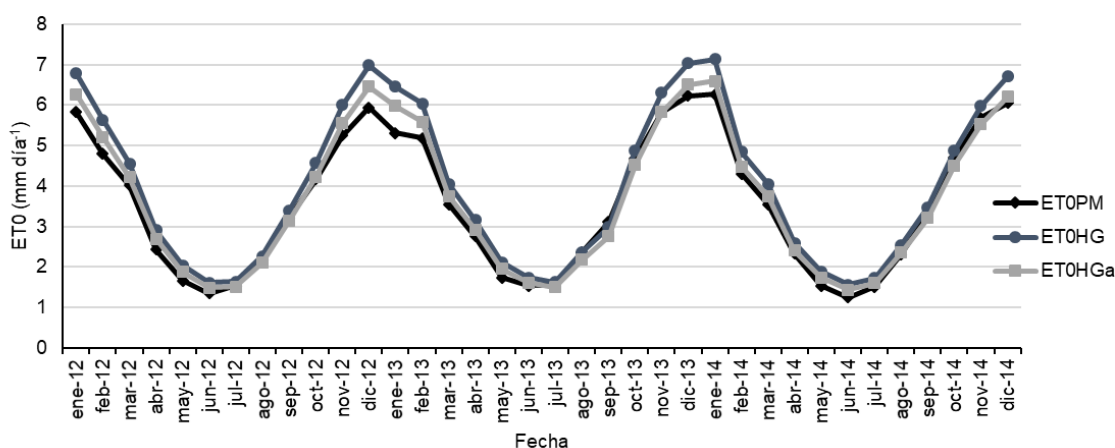
Para validar el ajuste realizado, se comparó la performance de la ecuación calibrada utilizando la serie de datos 2012-2014, no usados para la calibración. Se evaluó estadísticamente el ajuste de la ecuación de HG original y su calibración, tomándolas como valores predichos de  $ET_0$  y a los calculados a partir de la ecuación  $ET_0PM$ , como los observados. Los estadísticos utilizados para medir la eficiencia de los modelos fueron los siguientes: el coeficiente de determinación,  $R^2$ ; el error de sesgo medio, MBE; el error cuadrático medio, RMSE y el error absoluto, AE.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El coeficiente  $Ca$  obtenido para la estación de Russell fue de 0,0021, menor que el coeficiente original de Hargreaves (0,0023). Esto coincide con lo observado en otros estudios realizados en zonas áridas o semiáridas (Vanderlinden *et al.*, 2004 y Gavilán *et al.*, 2006). Gavilán *et al.* (2006) proponen un coeficiente de 0,0021 para regiones interiores de España poco ventosas y con amplitud térmica mayor a 12°C, situación similar a la de Russell. Vanderlinden y otros (2004) obtienen un coeficiente de ajuste anual promedio de 0,0022 para zonas interiores. En cuanto a la bondad del ajuste (Tabla 1), el elevado valor de  $R^2$  de la ecuación de  $ET_0$ HG con  $ET_0$ PM demuestra una alta y estable correlación entre ambas metodologías de cálculo de  $ET_0$ , valor que se mantiene con la calibración. El resto de los estadísticos disminuyen con el uso de un coeficiente anual, indicando una mejora en la estimación. La mayor sobrestimación de los valores diarios de  $ET_0$ , con respecto a  $ET_0$ PM, se produce en los meses cálidos (Figura 1), meses en los que el uso del agua de riego es mayor. Con la calibración el MBE se acerca a cero, indicando una disminución en la sobrestimación producida por HG original. Sentelhas *et al.* (2010) aconsejan la ecuación de HG calibrada como método de cálculo de  $ET_0$  cuando sólo se dispone de datos de temperatura.

**Tabla 1.** Resultados estadísticos entre los valores diarios de  $ET_0$  con Penman-Monteith ( $ET_0$ PM) y Hargreaves original ( $ET_0$ HG) y Hargreaves calibrada con un coeficiente anual ( $ET_0$ HGa).

	$R^2$	RMSE (mm día <sup>-1</sup> )	MBE (mm día <sup>-1</sup> )	AE (mm día <sup>-1</sup> )
$ET_0$ HG	0,94	0,706	0,427	0,536
$ET_0$ HGa	0,94	0,501	0,126	0,358



**Figura 1:** Valores de  $ET_0$  promedios diarios por mes (mm día<sup>-1</sup>) para los años 2012 a 2014 calculados por  $ET_0$ PM,  $ET_0$ HG y  $ET_0$ HGa.

## CONCLUSIONES

Se ha logrado ajustar la ecuación de HG con un coeficiente de ajuste anual, mejorando la estimación de la  $ET_0$  para la localidad de Russell. Esto permitirá su cálculo a partir de datos de temperatura del aire (fácilmente disponibles) y utilizarlo como entrada para calcular las necesidades hídricas de los cultivos contribuyendo al cuidado del recurso hídrico en la zona.

## REFERENCIAS

- Allen, R. G.; Pereira, R. S.; Raes, D.; Smith, M. 2006. Evaporación del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua del cultivo. Estudio FAO riego y drenaje N°56. ONU para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. 323 pp.
- Aguilera R.B.; Morábito J.A. 2016. Encuesta a técnicos sobre uso de la información meteorológica y manejo del riego en el oasis norte de Mendoza. En: XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología, 2016, Puerto Madryn, Argentina.
- Gavilán, P.; Lorite, I. J.; Tornero, S.; y Berengena, J. 2006. Regional calibration of Hargreaves equation for estimating reference ET in a semiarid environment. *Agricultural Water Management*, 188: 257–281.
- Hargreaves, G. H.; Allen, R. G. 2003. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(1): 53–63.
- Hargreaves, G. H.; Samani, Z. A. 1985. Reference crop evapotranspiration from temperature. *Applied Engineering in Agriculture*, 1(2): 96–99.
- Sentelhas, P. C.; Gillespie, T. J.; Santos, E. A. 2010. Evaluation of FAO Penman–Monteith and alternative methods for estimating reference evapotranspiration with missing data in Southern Ontario, Canada. *Agricultural Water Management*, 97(5): 635–644.
- Vanderlinden, K.; Giráldez, J. V.; Van Meirvenne, M. 2004. Assessing reference evapotranspiration by the Hargreaves method in southern Spain. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 130(1): 184–191.

# OLAS DE CALOR Y SU RELACIÓN CON EL CICLO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN LA LOCALIDAD DE ANGUIL

Belmonte, M.L.\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA. CC 11 (6326) Anguil, La Pampa, Argentina

\***Contacto:** belmonte.maria@inta.gob.ar

**Palabras clave:** estrés térmico; maíces tempranos y tardíos; La Pampa

## INTRODUCCIÓN

Temperaturas por encima de 35°C son consideradas como golpes de calor en maíz, y provocan mayor daño al cultivo cuando más tiempo se prolongan. El mayor impacto de un estrés térmico o golpe de calor sobre el rendimiento de maíz se origina cuando el mismo tiene lugar alrededor de floración, ya que provoca fallas en la fijación de granos asociadas a la inviabilidad de los granos de polen, alteración en la floración y el aborto de granos (Barnabás, 2008; Cicchino *et al.*, 2010; Rattalino Edreira *et al.*, 2011). A su vez, períodos de estrés térmico en post-floración causan un cese anticipado del llenado (Rattalino Edreira *et al.*, 2011) originando granos livianos, con menores porcentajes de aceite (Mayer *et al.*, 2016).

En la estepa de la provincia de La Pampa el maíz (*Zea mays L.*) de ciclo primavero-estival, es uno de los principales cultivos de secano. Las siembras en la región se efectúan en dos épocas: en primavera temprana o maíces de primera siembra y en primavera tardía o maíces de siembra tardía. En los primeros la floración tiene lugar a fines de diciembre y comienzos de enero, en tanto los maíces tardíos alcanzan la floración aproximadamente en la primera quincena de febrero. Una estrategia de manejo en cultivos susceptibles es ubicar los estadios fenológicos más sensibles al estrés térmico fuera de los momentos donde se produce la mayor frecuencia de temperaturas críticas perjudiciales. Para ello es necesario conocer y caracterizar el régimen de temperaturas extremas de una localidad. Asimismo, existe una demanda informativa desde el sector productivo en la región respecto del comportamiento de temperaturas extremas estivales en relación a los cultivos zonales. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la ocurrencia de periodos sostenidos de temperaturas máximas extremas u olas de calor definidos a partir del umbral térmico crítico para maíz, y relacionarlos con el ciclo de maíces tempranos y tardíos en la localidad de Anguil, La Pampa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

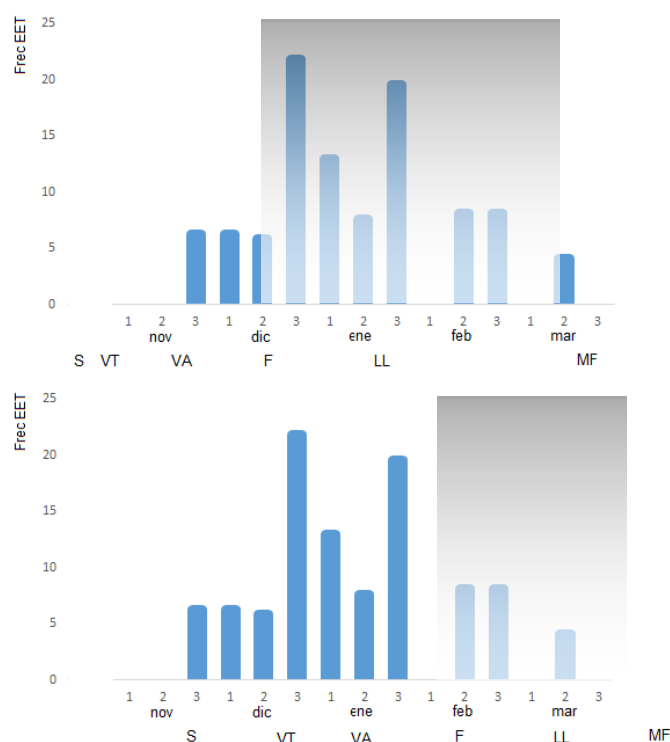
Se utilizaron registros de temperatura máxima diaria en abrigo meteorológico provenientes del Observatorio agrometeorológico de la Estación Experimental Agropecuaria Anguil del INTA (36° 30'S; 63° 59'W), de la serie 1970-2017 durante los meses de noviembre a marzo. En este trabajo se definió evento de estrés térmico (EET) como cada suceso donde la temperatura máxima diaria alcanzó o superó el umbral térmico crítico definido para maíz (35°C) y esa máxima diaria fue igual o mayor en al menos tres días consecutivos. Se calculó la frecuencia anual de la serie y la duración y temperatura promedio de los EET. Se analizó la distribución de frecuencias de EET durante las tres décadas mensuales en relación al ciclo de cultivos de maíz de primavera temprana (Mte) y maíces de primavera tardía (Mta) en la localidad. Para la determinación del momento de ocurrencia y duración de las etapas fenológicas se utilizó información de los relevamientos a campo en cultivos de maíz en La Pampa realizados por la Red de Información Agroeconómica de la Región Pampeana (RIAP) del INTA durante el periodo 2005-2013, cuya metodología de relevamiento puede ser consultada en Belmonte *et al.*, 2006.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En toda la serie de años estudiada al menos un día de cada año registró un valor máximo de 35°C durante el periodo entre noviembre y marzo. Se registró una frecuencia anual de 0,9 EET durante el periodo entre 1970 y 2017. Entre 2010 y 2017 se registró mayor frecuencia de EET con 1,5 por año. La duración y temperatura promedio de EET fue de 4,4 días y 36,8°C, respectivamente. El evento de mayor duración de la serie analizada fue de 12 días, y se produjo entre el 13 y 24 de diciembre de 2013.

El 61,3% de los EET se produjeron entre la tercera década del mes de diciembre y la tercera década del mes de enero, en simultáneo con el inicio de floración y primera etapa de llenado de granos de los maíces Mte, y en las etapas vegetativas para los maíces Mta. La tercera década de diciembre y la tercera de enero fueron las de mayor frecuencia de eventos registrados (con 21,8% y 19,7%, respectivamente). Según Rattalino Edreira (2014) durante enero 2 a 3 días de cada 10 presentan temperaturas superiores a 35°C en gran parte de la región central Argentina.

Durante los periodos críticos (floración y llenado de grano) del ciclo de maíz Mta ocurrió el 20,8% de EET. En el mes de noviembre solo se registraron eventos durante la tercera década (6,2% de EET). En los 48 años estudiados no hubo registros de EET durante la primera década de febrero ni en la primera y tercera de marzo, aunque se registraron temperaturas máximas de 35°C o superior en días aislados (Figura 1).



**Figura 1.** Distribución de frecuencias de eventos de estrés térmico (EET) según décadas mensuales y fases de desarrollo de cultivos de maíces Mte (arriba) y Mta (debajo) para fechas de siembra habituales en Anguil y zona (periodo 1970-2017). La región sombreada muestra el periodo de las fases de desarrollo más críticas para la definición de los rendimientos (floración y llenado de granos). S: siembra; VT: vegetativo temprano; VA: vegetativo avanzado; F: floración; LL: llenado de grano, MF: madurez fisiológica

## CONCLUSIONES

Una alternativa de manejo para hacer frente a estrés abiótico consiste en evitar la coincidencia de las etapas más sensibles de un cultivo con los momentos de mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de estrés térmico en particular. Este trabajo aporta información de utilidad para la elección de genotipos de maíz y fechas de siembra en la región central de la provincia de La Pampa. La mayor exposición a olas de calor o estrés térmico por alta temperatura del aire la experimentan los maíces de siembra temprana durante las fases fenológicas de floración y llenado de granos que son las más críticas para la definición del rendimiento. Los maíces de siembras tardías, si bien su ciclo no escapa a periodos con olas de calor, presentan un riesgo menor a eventos de estrés térmico durante estas etapas más críticas.

## REFERENCIAS

- Barnabás, B.; Jäger, K.; Fehér, A. 2008. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell&Environment*, 31(1), 11–38.
- Belmonte, M.L.; Casagrande, G.A.; Deanna, M.E.; Olguin, R.; Farrel, A.; Babinec, F. 2017. Estadísticas agroclimáticas de la EEA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”. Periodo 1973-2016. INTA Ediciones. Publicación técnica N° 104/Febrero de 2017. ISSN 0325-2132
- Belmonte, M.L.; Carrasco, N.; Báez, A. 2006. Cosecha Gruesa. Maíz. Soja. Girasol. Manual de Campo. Red de Información Agroeconómica para la Región Pampeana (RIAP). INTA Ediciones. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual\\_de\\_gruesa\\_2005\\_liviano.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_de_gruesa_2005_liviano.pdf)
- Cicchino, M.; Edreira, J. I. R.; Uribelarrea, M.; Otegui, M. E. 2010b. Heat Stress in Field Grown Maize: Response of Physiological Determinants of Grain Yield. *Crop Science*, 50, 1438-1448.
- Maddonni, G. A. 2012. Analysis of the climatic constraints to maize production in the current agricultural region of Argentina—a probabilistic approach. *Theoretical and Applied Climatology*, 107, 325–345.
- Mayer, L.I.; Izquierdo, N.G.; Maddonni, G.A. 2016. La composición de ácidos grasos del aceite de maíz y el estrés térmico durante el llenado de los granos. En XXXI Reunión Argentina de Fisiología Vegetal. 2016. Corrientes, Argentina
- Rattalino Edreira, J.I. 2014. Nociones básicas para el cultivo de maíz en ambientes con elevado riesgo de incidencia de golpes de calor. Monsanto Technology Development, Artículo de divulgación. Consultado 15/04/2018 [www.agroconsultasonline.com.ar](http://www.agroconsultasonline.com.ar)
- Rattalino Edreira, J.I.; Budakli Carpici, E.; Sammarro, D.; Otegui, M.E. 2011. Heat stress effects around flowering on kernel set of temperate and tropical maize hybrids. *Field Crops Research*, 123, 62–73.

# TEMPERATURAS MÍNIMAS INVERNALES EN SUELO SUPERFICIAL BAJO DISTINTOS TIPOS DE RASTROJOS

Pacor, L.J. <sup>1</sup>; Barrios, M.B. <sup>2</sup>; Rodríguez, R.O. <sup>1</sup>; Blasón, A.D. <sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Agrometeorología, <sup>2</sup>Edafología, Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta 4, km. 2 (1836) Llavallol, Bs. As. Argentina.

\*Contacto: adblason@yahoo.com

**Palabras clave:** temperatura del suelo; cobertura; siembra directa

## INTRODUCCIÓN

La siembra directa es la práctica conservacionista más aceptada para el control de la erosión hídrica y eólica del suelo, mejorando el aprovechamiento del agua almacenada y ahorrando laboreo, entre las ventajas más destacadas. Pero el rastrojo en superficie con el que cuenta provoca múltiples cambios en la interfaz aire-suelo que modifican el ambiente del cultivo. Uno de los efectos más importantes e inmediatos se produce sobre el balance de radiación del sistema aire-cobertura-suelo (Wierenga *et al.*, 1982). En un trabajo previo, Blasón *et al.*, (2016) compararon su efecto sobre la entrada de radiación solar estival evaluada a través de las temperaturas máximas registradas en relación a la radiación absorbida quedando pendiente evaluar el efecto de bajas temperaturas en la oscilación anual que puedan retardar y/o anular la germinación, emergencia, crecimiento y desarrollo de las plántulas, fundamentalmente en el inicio temprano de cultivos. El efecto de estos retrasos puede perdurar a lo largo del ciclo provocando reducción en los rendimientos (Gupta *et al.*, 1981; Willis and Amemiya, 1973). La práctica usual de doble cultivo como lo es el trigo-soja de segunda, expone al trigo a condiciones de siembra e implantación extemporáneas, que pueden perjudicar su logro.

Cuando al inicio del ciclo de cultivos las temperaturas del suelo resultan cercanas a temperaturas bases o mínimos vitales, el descenso de la temperatura que introduce la cobertura de rastrojo causa restricción del desarrollo y el crecimiento (Burrows y Larson, 1962).

El propósito del presente trabajo es determinar cómo inciden las coberturas de rastrojos sobre las temperaturas mínimas en la capa superficial, compararlas entre sí y con las producidas bajo suelo desnudo, buscando maximizar sus diferencias bajo condiciones meteorológicas invernales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de temperaturas de suelo y de cobertura corresponden a un experimento localizado en el campo de CNEA – Ezeiza (34° 29' S, 58° 19' W), destinado a evaluar rotaciones de cultivo bajo distintas labranzas. El experimento se realizó durante el invierno 2017 sobre un molisol que presenta un horizonte Ap de 0-12 cm.

La temperatura del suelo en las parcelas fue medida con sensores electrónicos del tipo LM35 (Blasón *et al.*, 2007) colocados a 2,5 cm de profundidad. Se realizó su instalación asegurando la cobertura completa de cada sonda y su pleno contacto con el suelo circundante para captar fidedignamente el efecto térmico correspondiente a la radiación terrestre de onda larga emitida desde cada parcela, y establecer fehacientemente las diferencias que entre ellas se produzcan, minimizando efecto bordura y heterogeneidad en el experimento. Utilizando adquisidores de diseño y construcción propios (Moltoni *et al.*, 2008), se registró y almacenó la temperatura del suelo medida cada 15 minutos en las doce parcelas de 1 m<sup>2</sup> durante todo el ensayo.

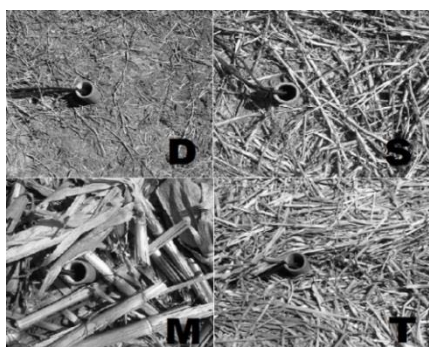
En el trabajo de comparación de temperaturas máximas (Blasón *et al.*, 2016) fue adecuado aplicar una capa uniformemente distribuida de rastrojo equivalente a 6,0 Mg ha<sup>-1</sup> como cantidad normal de material encontrado al momento de la nueva siembra (Rorig *et al.*, 2004), buscando establecer los efectos potenciales sobre la reflectancia de los rastrojos. Resulta adecuado sostener dicho esquema para hacer directamente comparables efectos provenientes de iguales tratamientos, provocados en este caso por la irradiación desde la superficie y factibles de ser evaluados mediante la temperatura del suelo.

Las parcelas (Figura 1) fueron aleatorizadas según un DCA de 4 tratamientos y 3 repeticiones, estableciendo la comparación entre: D = suelo desnudo; S = rastrojo de soja; M = rastrojo de maíz y T = rastrojo de trigo.

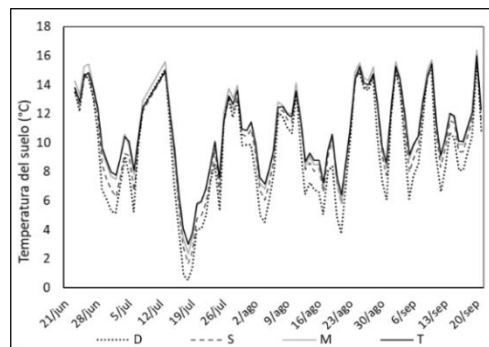
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se puede apreciar el comportamiento de las temperaturas bajo distintas coberturas y en suelo desnudo. Como era de esperar, el suelo desnudo es el que alcanzó las temperaturas más bajas, con mínimas cercanas al punto de congelación mientras que las parcelas con rastrojo de trigo presentaron las temperaturas mínimas más altas y las cubiertas de rastrojos de soja y maíz temperaturas intermedias.

También se puede apreciar que las diferencias entre las temperaturas mínimas medias por tratamientos no permanecieron constantes durante el período que duró el ensayo, existiendo momentos de marcadas diferencias se presupone producto de noches con alta irradiación terrestre en forma distintiva por cada tratamiento, mientras que en otros prácticamente desaparecen debido a días muy nublados (contraradiación atmosférica que alcanzó para extinguir diferencias) y/o con precipitación con el mismo efecto.



**Figura 1:** Fotografías correspondientes a los tratamientos evaluados identificadas con su letra correspondiente.



**Figura 2:** Series de temperaturas mínimas diarias invernales bajo suelo desnudo y distintos rastrojos (medias de 3 repeticiones por tratamiento).

La normalidad y homogeneidad de varianzas de los valores observados permitieron realizar el ANOVA para las temperaturas del suelo bajo los rastrojos y su comparación entre sí y respecto del suelo desnudo como testigo sin cobertura, en un DCA balanceado con  $n = 261$ . En la Tabla N°1 se observa que los tratamientos difieren muy significativamente en sus registros mínimos de temperaturas con una probabilidad de 0,01 %. Por otra parte, el test de comparaciones múltiples de Tukey reveló que el suelo desnudo fue el que resultó significativamente 0,9 °C más frío que el suelo bajo cualquiera de los otros tratamientos con rastrojos. No existieron diferencias térmicas de relevancia bajo los rastrojos de trigo y maíz, mientras que ambos resultaron aproximadamente 0,6 °C más calientes que el suelo bajo rastrojo de soja, pero sin diferir significativamente de este.

Las temperaturas mínimas del suelo más altas bajo las coberturas de rastrojo de trigo y maíz se deberían al menos en parte, a la mayor cobertura que producen sobre el suelo por su menor densidad respecto al rastrojo de soja, conformando en la capa límite un entramado sobre la superficie más eficaz al momento de evitar la pérdida por irradiación emitida por la tierra que el rastrojo de soja.

**Tabla 1:** Análisis de la varianza y test de comparaciones múltiples

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TEMP	1044	0.04	0.03	31.72

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	398,38	3	132,79	12,84	<0,0001
TRAT	398,38	3	132,79	12,84	<0,0001
Error	10756,88	1040	10,34		
Total	11155,26	1043			

**Test: Tukey Alfa=0,01 DMS=0,87868**

Error: 10,3432 gl: 1040

TRAT	Medias	n	E.E.	
D	9,16	261	0,20	A
S	10,06	261	0,20	B
T	10,67	261	0,20	B
M	10,67	261	0,20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,01$ )

## CONCLUSIONES

La cobertura del suelo mediante residuos de rastrojos afecta marcadamente su temperatura, disminuyendo las amplitudes. El suelo sin cobertura bajo las mismas condiciones meteorológicas alcanzó las temperaturas más extremas, tanto en este análisis las más bajas como anteriormente las más altas. La temperatura del suelo es afectada según el tipo de cobertura, siendo los residuos de rastrojos menos densos los que logran cubrir mejor el suelo, evitando una mayor pérdida de energía por irradiación terrestre y determinando que las temperaturas mínimas no caigan aún más.

## REFERENCIAS

- Blasón, A.D.; Fernández N.R. y Rodríguez, R.O. 2007. Termómetro electrónico multiuso: Montaje y evaluación operativa. Rev. Brasileira de Agromet., 15 (2):196-201.
- Blasón, A.D.; Fernández, N.R.; Barrios, M.B.; Makar, D. y Rodríguez, R.O. 2016. Temperaturas estivales en el suelo superficial bajo distinto tipo de rastrojos. XVI y VIII RALDA, Pto. Madryn, Chubut, Argentina. CD-Trabajos, pp:114-115.
- Burrows, W.C. and Larson, W.E. 1962. Effect of amount of mulch on soil temperature and early growth of corn. Agron. J. 54:19-23.
- Gupta, S.C.; Radke, J.K. and Larson, W.E. 1981. Predicting temperature of bare and residue covered soils with and without a corn crop. Soil Sci. Soc. Am. J. 45:405-412.
- Moltoni, A.; Blasón, A.D.; Fernández, N.R. y Rodríguez, R.O. 2008. Prestación, desempeño y confiabilidad de un sistema adquirente de temperaturas de desarrollo propio. XII RADA, San Salvador de Jujuy, Argentina. CD-Trabajos, n° 073.
- Rorig, M.; Rivero, E. y Michelena, R. 2004. Descomposición de rastrojos de trigo y soja en un argiudol vértico. Resúmenes del XIX CACS. Paraná, E. Ríos, 22 al 25 de junio. p181.
- Wierenga, P.J.; Nielsen, D.R.; Horton, R. and Kies, B. 1982. Tillage effects on soil temperature and thermal conductivity. Spec. Pub. 44. American Society of Agronomy, Madison, WI.
- Willis, W.O. and Amemiya, M. 1973. Tillage management principles: Soil temperature effects. p. 22-42. In Proc. of Natl. Tillage Conf., Des Moines, Iowa. 28-30 March. Soil Conserv. Soc. of Am., Ankeny, Iowa.



# CARACTERIZACIÓN DE LAS MASAS DE AIRE ASOCIADAS AL PERIODO CRÍTICO DEL CULTIVO DE MAÍZ EN EL DEPARTAMENTO ROSARIO

Dickie, M.J.<sup>1</sup>; Coronel, A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Cs. Agrarias de la UNR. Zavalla, 2123, Argentina.

\*Contacto: coronel8@gmail.com

**Palabras clave:** condiciones atmosféricas; conglomerados; rendimientos

## INTRODUCCIÓN

En la región de estudio, para el cultivo de maíz existe un gran rango de fechas de siembra (FS) que ocurren desde mediados de septiembre hasta mediados de diciembre, lo cual, junto a las características meteorológicas de cada año, condicionan el momento de ocurrencia del período crítico (PC), y por lo tanto el rendimiento final (R). Andrade *et al.* (1996) manifiestan que el PC de maíz abarca, aproximadamente, un mes centrado en la floración femenina. Dickie y Coronel (2018), a partir del análisis de la relación entre las deficiencias hídricas (DH) brindadas por el Balance hídrico seriado decádico y los rendimientos (R) sin tendencia del cultivo, determinaron dos PC: segunda década de noviembre (PC1) y segunda década de diciembre a primera década de enero (PC2). Para FS normales el PC1 ocurre dentro del estado vegetativo y el PC2 durante el estadio de floración e inicio de llenado de granos, para FS muy tempranas el PC1 podría estar asociado a la etapa de floración, y por último en FS tardías, disminuye significativamente la incidencia de los PC encontrados en la merma del R (Dickie y Coronel, 2018). La variabilidad interanual de las condiciones atmosféricas está relacionada con cambios en la secuencia de masas de aire (ma) procedentes de las regiones polares y subtropicales. Teniendo en cuenta el acoplamiento de las ma y la circulación atmosférica, su estudio podría resultar útil en la comprensión de la variabilidad interanual en la fenología y en el R y calidad final de los cultivos (Jones y Davis, 1999). El objetivo de este trabajo es identificar las características y las frecuencias de las ma que ocurren en PC1 y PC2, para el Departamento Rosario, Santa Fe, en el período 1992-2014.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron las series diarias de temperatura media (Tmed), máxima (Tmáx) y mínima (Tmin), humedad relativa media (HRm), heliofanía efectiva (Hef), presión atmosférica media (Patm) y precipitación (PP) de la estación agrometeorológica Zavalla (33°01'S, 60°53'O) correspondiente a los meses de noviembre, diciembre y enero del período 1992-2014. La identificación de las ma se realizó mediante la técnica de análisis multivariado de conglomerados K-means, considerando como medida de similitud la distancia euclídea. Para cada PC no se conocía a priori el número de tipos de ma, de manera que se exploró con tres a seis grupos. La elección final del número de grupos se basó en: una muy buena discriminación de las ma con mayores PP y las de PP nulas o muy bajas. Para cada tipo de ma identificado se determinaron los promedios, los desvíos estándares, las anomalías de las variables analizadas, y las frecuencias porcentuales. Las anomalías fueron calculadas como la diferencia entre el valor medio para cada tipo de ma menos el promedio climático correspondiente al período 1992-2014. A fin de determinar si los valores de anomalías son significativamente distintos de cero se les aplicó la prueba t de Student ( $p < 0,05$ ). Para establecer si las categorías de ma encontradas son estadísticamente diferentes se realizó el test Kruskal-Wallis a cada variable, para todas las posibles combinaciones de pares de diferentes tipos de ma.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron 3 agrupamientos de ma para el PC1 y 5 para el PC2. Las características de las ma se presentan en la Tabla 1. En el PC1, la ma templada seca (mTS) se caracteriza por ser templada, seca, sin PP, valores de T y HRm inferiores a lo normal y Patm mayores a lo normal. La Tmin de esta ma es inferior a la Tmin de noviembre que es de 15°C; la ma cálida y seca (mCS) se destaca por los valores de Tmáx mayores a lo normal. Estas ma representan las condiciones de máximas T y bajas HRm y la ma templada húmeda (mTH) presenta valores de PP mayores a lo normal y los valores de Hef y Patm son inferiores a los normales. Esta ma es característica de días con inestabilidad y PP. En el PC2 la ma templada húmeda con PP (mTHP) presenta la mayor cantidad de PP, la ma templada seca (mTS) es una ma seca debido a la falta de PP y al bajo contenido de HRm. En la ma cálida seca (mCS) las elevadas T las diferencia de las otras ma. En la ma templada con elevada HRm sin PP (mTHsP) las anomalías negativas de la Tmáx estarían asociadas a las anomalías negativas de Hef. Con estas características esta ma se clasifica como templada con elevado porcentaje de HRm. Por último, la ma fría seca (mFS) se distingue de las anteriores por presentar valores de T, en sus tres categorías (Tmáx, Tmin y Tmed) menores a lo normal.



**Tabla 1:** Caracterización de las masas de aires presentes en el PC1 y PC2.

Ref.: \*significativamente distinto a cero al 5%. Letras distintas significan diferencias significativas (5%). Prueba Kruskal-Wallis.

PC1	PP, mm	Tmáx, °C	Tmín, °C	Tmed, °C	HRm, %	Patm, hPa	Hef, hs
Promedio mTS	0,1 a	25,3 a	11,2 a	18,3 a	61,6 a	1011,5 a	10,4 a
Desvío	0,5	2,5	2	1,8	7,9	3,8	3,8
Anomalía	-4,2*	-1,7*	-2,9*	-2,3*	-4,6*	3,6*	1,1*
Promedio mCS	3,9 b	30,2 b	16 b	23,1 b	61,7 b	1005,9 b	10,4 a
Desvío	10,1	2,3	2,1	1,7	10	3,8	3
Anomalía	-0,4	3,2*	1,9*	2,6*	-4,5*	-2,0*	1,1*
Promedio mTH	13,8 c	23,4 c	15,8 b	19,6 c	86 b	1004,9 b	3,4 b
Desvío	24,6	2,4	2,2	2	6,9	4,3	3,1
Anomalía	9,6*	-3,6*	1,7*	-1,0*	19,8*	-3,0*	-5,9*
PC2							
Promedio mTHP	47,2 a	27,7 a	19 a	23,4 a	85,8 a	1002,7 a	5,4 a
Desvío	22,2	3,9	2,1	2,6	10,3	3,5	4,5
Anomalía	43,0*	-2,3*	1,5*	-0,3	16,0*	-3,0*	-3,9*
Promedio mTS	0,7 b	31,2 b	16,4 b	23,8 a	59,4 b	1007 b	11,1 b
Desvío	2,9	1,8	1,5	1,2	7,4	3,5	3,3
Anomalía	-3,4*	1,3*	-1,1*	0,1	-10,4*	1,4*	1,9*
Promedio mCS	3,3 c	34,5 c	20,3 c	27,4 b	63,8 c	1002,4 a	9,6 c
Desvío	7,5	2,1	1,9	1,5	9,9	7,6	3,9
Anomalía	-0,9	4,5*	2,9*	3,7*	-6,0*	-3,2*	0,4
Promedio mTHsP	2,2 c	28,7 a	19 a	23,9 a	81,7 a	1004,3 a	7,1 a
Desvío	4,2	2,1	1,8	1,5	7,1	3,6	4,1
Anomalía	-2,0*	-1,3*	1,6*	0,1	11,8*	-1,4*	-2,2*
Promedio mFS	0,9 b	26,2 d	13,6 d	19,9 c	69,9 d	1009,6 c	9,9 c
Desvío	3,6	2,3	2,2	1,5	10,3	3,4	4,4
Anomalía	-3,3*	-3,8*	-3,9*	-3,8*	0	4,0*	0,6

Del total de días analizados en el PC1, el 39% corresponde a la mTS, el 42% a la mCS y el 19% restante a la mTH. El 81% de los días presentaron ma secas. En el PC2 el 25% de los días presentan la mTHsP, el 24% la mTS, las mCS y mFS se presentan en un 23% respectivamente y el 5% restantes de los días son caracterizados como mTHP. Se observa, al igual que en el PC1, un predominio de ma secas (70% de los días), si consideramos a la mTHsP como una ma seca, este porcentaje se eleva al 95% de días con ma secas.

La alta probabilidad de ocurrencia de ma secas en ambos PC, no implica directamente una anomalía negativa de los R de maíz, ya que no solo es importante la ocurrencia de estas ma sino también su persistencia y la intensidad de la disminución de PP. Esta combinación de factores influirá en el valor de las DH. Cuando las DH son severas en ambos PC puede ocurrir hasta una merma del 56% en el R respecto de lo esperado (Dickie y Coronel, 2018). Por otro lado, también es importante la evolución del agua en el suelo en el período previo al PC.

Estos resultados corroboran la decisión de muchos productores de la región de estudio, de desplazar la fecha de siembra hacia principios y mediados de diciembre y con ello el PC se traslada hacia febrero. Si bien en FS tardías las T y la radiación incidente durante el llenado de granos son menores, su impacto sobre el R es inferior en comparación con el producido por una DH severa durante el PC (Steccone *et al.*, 2012).

## CONCLUSIONES

Las ma más frecuente durante ambos PC del cultivo de maíz están caracterizadas en general por condiciones de altas T, bajas HRm, y en cuanto a las PP las mismas pueden ser nulas o de pocos mm. A su vez la Hef muestra situaciones de cielos despejados, que junto a las altas T y bajas HRm favorecen la evapotranspiración del cultivo, incrementando las DH. Estas condiciones ambientales afectan al crecimiento y desarrollo del cultivo, y en consecuencia el R del cultivo.

## REFERENCIAS

- Andrade, F.H.; Cirilo, A.G.; Uhart, S.A.; Otegui M.E. 1996. Ecofisiología del Cultivo de Maíz. Editorial La Barrosa-EEA Balcarrce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press. Buenos Aires, Argentina. 292 p.
- Dickie, M.J.; Coronel, A. 2018. Relación estadística entre los rendimientos de maíz y la ocurrencia de deficiencias hídricas en el departamento Rosario. Ciencias Agronómicas 31. En prensa.
- Jones, G.; Davis, R. 1999. Using a synoptic climatological approach to understand climate-viticulture relationships. International Journal of Climatology 20:813-837.
- Steccone, L.; Dickie, M.J.; Costanzo, M.; Coronel, A. 2016. Fecha de siembra de maíz en Cañada de Gómez y su relación con las precipitaciones. Para mejorar la producción.: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 54:123-128.

# BRECHA DE RENDIMIENTO PARA MAÍZ TARDÍO ESTIMADA CON AQUACROP EN LA REGIÓN CENTRAL DE CÓRDOBA, ARGENTINA

de la Casa, A.<sup>1\*</sup>; Ovando, G.<sup>1</sup>; Bressanini, L.<sup>2</sup>; Díaz, G.<sup>1</sup>; Díaz, P.<sup>1</sup>; Miranda, C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agrometeorología y <sup>2</sup>Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina.

<sup>3</sup>Establecimiento Las Delicias, Córdoba, Argentina.

\*Contacto: delacasa@agro.unc.edu.ar

**Palabras Clave:** rendimiento potencial; modelo de cultivo; riesgo; cobertura de cultivo

## INTRODUCCIÓN

El rendimiento potencial (RP) de un cultivo expresa la máxima productividad de un genotipo que crece y se desarrolla en ausencia de limitaciones de agua, nutrientes y otros factores reductores (insectos, malezas, etc.). En una región su evaluación es importante a los efectos de diseñar las estrategias de manejo más convenientes y conocer el nivel de riesgo involucrado en cada caso. La diferencia que cada año se suscita entre RP y la productividad efectiva (RR) constituye la brecha de rendimiento del cultivo (RP-RR) (Lobell *et al.*, 2009). Reducir RP-RR para maíz en secano es una meta difícil de alcanzar en el centro de la provincia de Córdoba, Argentina, cuyas condiciones climáticas sub-húmedas y la acentuada variabilidad interanual de la lluvia determinan que la falta de agua sea una contingencia presente en la mayoría de los años. En respuesta a la habitual reducción de la productividad que produce la falta de agua en secano, tanto por la insuficiencia o retraso de la lluvia como por tasas de evapotranspiración muy elevadas en verano, la demora de la siembra de maíz hasta diciembre se ha constituido en una práctica generalizada en la región semiárida de la Argentina (Méndez *et al.*, 2014). La evaluación de RP es difícil de realizar experimentalmente debido a la necesidad de controlar de una manera integrada y efectiva los múltiples factores que limitan la productividad (Grassini *et al.*, 2011). Una forma alternativa de evaluar RP-RR es usando modelos matemáticos de simulación de cultivos. Los modelos de cultivos no deben ser necesariamente complejos a fin de garantizar estimaciones precisas del comportamiento productivo (Constantin *et al.*, 2015). Haciendo uso de la cobertura del cultivo (CC) como parámetro central para estimar la biomasa y la tasa de transpiración, el modelo AquaCrop (Steduto *et al.*, 2009) ha demostrado un comportamiento adecuado como herramienta predictiva (de la Casa *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el modelo AquaCrop para el cultivo de maíz en secano de siembra tardía (diciembre) en la región central de Córdoba, Argentina, y estimar la brecha de rendimiento a fin de establecer el nivel de riesgo que presenta esta época de siembra.

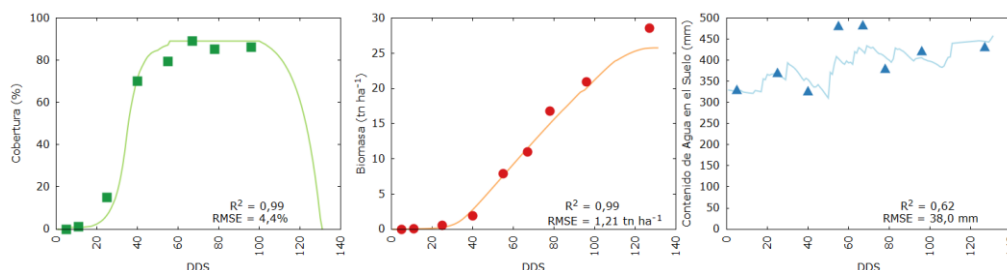
## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre un cultivo de maíz (*Zea mays* L.) de la variedad Dow 510PW/RR, en secano y fertilizado con nitrógeno, a partir de datos relevados entre siembra (17/12/2015) y madurez fisiológica (30/04/2016) en un lote de 45 ha ubicado al sur de la ciudad de Córdoba (31°33' lat. Sur, 64°05' long. Oeste, 400 msnm). El suelo del predio es un Haplustol éntico, serie Manfredi, con un perfil de tres horizontes de textura franco-limosa, con cuyas características se elaboró el archivo de suelo que requiere AquaCrop. Sobre el lote se estableció una grilla de muestreo de 16 estaciones, 4 en sentido Norte-Sur por 4 en dirección Este-Oeste, en posiciones aproximadamente equidistantes. La calibración de AquaCrop se efectuó a partir de la información de materia seca, agua del suelo y cobertura del cultivo seleccionando, de los 8 sectores monitoreados de manera intensiva, aquel que expresó mejor la variación del conjunto de parámetros. El valor de productividad del agua (WP) utilizado para evaluar el modelo fue 34,4 g m<sup>-2</sup> (de la Casa *et al.*, 2016). Una vez calibrado, AquaCrop se ejecutó bajo la modalidad de corridas sucesivas para estimar la humedad del suelo del periodo entre la cosecha del cultivo previo y la siembra del posterior.

La densidad de siembra fue de 6 pl m<sup>-2</sup>, valor verificado a partir del conteo de la cantidad de plantas en 5 metros lineales de dos filas contiguas. En cada fecha de muestreo se realizó el corte de la parte aérea de 3 plantas para determinar la materia seca. También se determinó el contenido de agua del suelo utilizando el método gravimétrico, a partir de un muestreo del perfil a 5 profundidades. Estas mediciones se integraron a los efectos de obtener el contenido de agua del perfil hasta 1,65 m, considerando un valor uniforme de densidad aparente de 1,25 Mg m<sup>-3</sup>. La CC se obtuvo a partir de fotografías adquiridas sobre el cultivo con una cámara Canon PowerShot SD780 IS, modificada para producir imágenes de NDVI (de la Casa *et al.*, 2016). La obtención de CC en cada imagen se realizó diferenciando el suelo de la vegetación verde por medio de un algoritmo de clasificación de máxima verosimilitud y, a partir de la imagen binaria producida, calculando la relación entre la cantidad de píxeles con vegetación con respecto al total. Con los datos meteorológicos registrados por una estación automática cerca del predio se calculó la tasa diaria de evapotranspiración de referencia por el método de Penman-Monteith (ET<sub>o</sub>; Allen *et al.*, 1998) que, junto a la precipitación, se utilizaron en la etapa de calibración del modelo. A partir de la temperatura máxima y la temperatura mínima de la estación Córdoba Observatorio se aplicó un procedimiento para estimar diariamente ET<sub>o</sub> entre 1960 y 2017 (FAO, 2012).

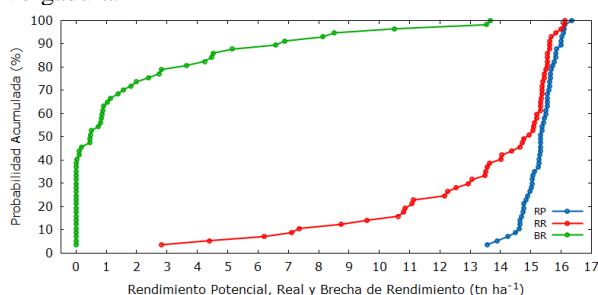
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cultivo de maíz sembrado en diciembre de 2015 alcanzó rendimientos elevados y muy uniformes en el lote monitoreado, de acuerdo tanto a la información del mapa de rendimiento ( $12,1 \text{ tn ha}^{-1} \pm 1,4$  para  $n=31155$ ) como a las estimaciones realizadas en 8 sectores de muestreo ( $13,4 \text{ tn ha}^{-1} \pm 1,0$ ). Esta productividad resulta similar a los valores más elevados que Grassini *et al.* (2009) presentan para maíces de secano en los Estados Unidos de América, y que sólo son superados por los rendimientos obtenidos bajo riego. La Figura 1 presenta los valores observados y estimados por AquaCrop de la cobertura, materia seca aérea y contenido de agua del suelo a lo largo del ciclo en el sector 8 que se utilizó para calibrar el modelo. Siendo la aproximación entre ambos lo suficientemente reducida para los tres parámetros, la herramienta se considera apropiada a fin de extrapolar temporalmente y evaluar la influencia de las condiciones meteorológicas de cada ciclo productivo sobre la productividad.



**Figura 1.** Valores de cobertura, biomasa aérea y agua del suelo observados durante 2015-2016 y estimados por AquaCrop para el cultivo de maíz de siembra tardía en Córdoba, Argentina, con sus respectivos estadísticos de ajuste y error.

La corrida del modelo de manera sucesiva, tanto en condiciones de secano para estimar el rendimiento de maíz de carácter real (RR) como sin limitaciones hídricas para obtener el valor potencial (RP), produjo las estimaciones que se presentan en la Figura 2. Asimismo, la figura muestra la brecha productiva en términos de frecuencia relativa acumulada para indicar la condición de probabilidad. Para la época de siembra de mediados de diciembre y asumiendo la ausencia de pérdidas productivas por otras causas, el cultivo de maíz presenta reducciones nulas de la productividad en 40 % de los ciclos. En el siguiente 40 % de los años las pérdidas de naturaleza climáticas producen disminuciones relativamente bajas e inferiores a  $3 \text{ tn ha}^{-1}$ . Sólo en 20% de los años BR alcanza valores de mayor envergadura.



**Figura 2.** Frecuencia relativa acumulada de los valores de rendimiento potencial (RP), real (RR) y brecha de rendimiento (BR) del cultivo de maíz estimada entre 1960 y 2017 ( $n=53$  años) en Córdoba, Argentina.

## CONCLUSIONES

Bajo la modalidad de siembra tardía la brecha de rendimiento del cultivo de maíz en la región central de Córdoba, Argentina, presenta 40% de probabilidad de alcanzar valores moderados y sólo 20% de casos más extremos.

## REFERENCIAS

- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration: Guide-lines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Rome, Italy.
- Constantin, J.; Willaume, M.; Murgue, C.; Lacroix, B.; Therond, O. 2015 The soil-crop models STICS and AqYield predict yield and soil watercontent for irrigated crops equally well with limited data. *Agri. For. Meteorol.* 206:55–68.
- de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Martínez, J.; Miranda, C.; Díaz, G. 2016. Evaluación de un lote de maíz bajo riego y siembra variable con el modelo AquaCrop en Córdoba, Argentina. *RADA VII*:1-13
- FAO. 2012. ETo Calculator. Land and water digital media N°36. FAO, Rome, Italy.
- Grassini, P.; Yang, H.; Cassman, K.G. 2009. Limits to maize productivity in Western Corn-Belt: A simulation analysis for fully irrigated and rainfed conditions. *Agricultural and Forest Meteorology* 149:1254–1265.
- Grassini, P.; Thorburn, J.; Burr, C.; Cassman, K.G. 2011. High-yield irrigated maize in the Western U.S. Corn Belt: I. On-farm yield, yield potential, and impact of agronomic practices. *Field Crops Research* 120:142–150.
- Méndez, M.J.; Casagrande, G.; Vergara, G. 2014. Balance hídrico del cultivo de maíz en siembras de primavera temprana y tardía en la región semiárida argentina. Reunión Binacional Uruguay-Argentina de Agrometeorología, 1 al 3 de octubre de 2014, Piriápolis, Uruguay.
- Steduto, P.; Hsiao, T.C.; Raes, D.; Fereres, E. 2009. AquaCrop – the FAO crop model to simulate yield response to water: I. Concepts and underlying principles. *Agron. J.* 101:426–437.

# PRODUCTIVIDAD PRIMARIA DE BUFFELGRASS EN UN AÑO SECO Y UN AÑO HÚMEDO

Luna Toledo, E.S.<sup>1, 2\*</sup>; Figuerola, P.<sup>2</sup>; Sancho, A.R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INTA EEA-Ruta Nacional 38 Km 267. CP 5380. Chamental- La Rioja, Argentina.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Chilecito, 9 de Julio 22. Chilecito, C.P. 5.360. La Rioja, Argentina

\*Contacto: lunatoledo.emmanuel@inta.gob.ar

**Palabras clave:** Índices de vegetación; precipitación

## INTRODUCCIÓN

La productividad primaria neta aérea (PPNA) es la tasa de generación de fitomasa aérea (Sala y Austin, 2000). Su concepto está asociado al balance entre la fijación (fotosíntesis) y la pérdida (respiración) de carbono en el ecosistema, y esta variable representa la mayor entrada de carbono y energía en los ecosistemas (Sala y Austin, 2000). La PPNA es una variable integradora del funcionamiento, debido a su relación con la biomasa animal, la productividad secundaria y el ciclo de los nutrientes (McNaughton, 1989). Representa además un atributo funcional del ecosistema, al determinar la proporción de los flujos de energía (radiación PAR) fijados por la vegetación. Desde una perspectiva aplicada, la PPNA es el pilar de la ganadería, ya que determina la disponibilidad de forraje y por lo tanto, la capacidad de carga (Sala y Austin, 2000). Existe una alta variabilidad de la PPNA, tanto espacial (en diferentes escalas: regional, paisaje, parche) como temporal (entre estaciones y entre años; Díaz Solís *et al.*, 2003). La variabilidad espacial es muy conocida, sobre todo en su relación a gradientes regionales de precipitación. Sin embargo, la variabilidad temporal es menos conocida (Lauenroth y Sala, 1992) aunque se conoce que es sensible a variaciones temporales de la precipitación.

Buffelgrass es una pastura megatérmica exótica muy difundida entre los productores ganaderos de la región del Chaco Árido, y usada como forraje para el ganado y la recuperación de áreas degradadas (Namur *et al.*, 2014).

El objetivo de este trabajo es comparar la PPNA de buffelgrass obtenida de dos años contrastantes en precipitación y establecer las mejores ecuaciones para la estimación de la misma a partir de la precipitación en el lugar, y de índices de vegetación obtenidos desde imágenes satelitales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

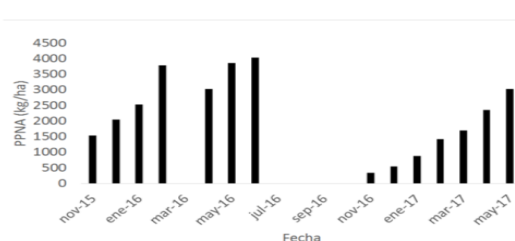
El estudio se llevó a cabo sobre una parcela de buffelgrass de 13 hectáreas de la estación experimental de INTA Chamental-La Rioja (30°30'32''S y 66° 06'14''O), con exclusión del pastoreo durante la estación de crecimiento. Las variables medidas fueron: PPNA ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), cobertura (%) y precipitación (mm). La PPNA se midió usando el método de cosechas sucesivas de fitomasa cortadas a nivel del suelo durante la estación de crecimiento (Sala y Austin, 2000) de dos ciclos completos (noviembre-junio) 2015-2016 y 2016-2017. La frecuencia de corte fue mensual. Se usaron parcelas de corte de dimensiones conocidas (1m x 0,5m), y se muestreó en una transecta de 300 m, con 30 cortes cada intervalo de 10 metros. El material cosechado fue secado en estufa de convección forzada a 80°C durante 48 horas, y pesado con una precisión de 0,1 gr. Se calcularon eficiencias en el uso de la precipitación definida como  $\text{EUP} = \text{PPNA} / \text{Precipitación acumulada}$ . Finalmente se evaluaron regresiones entre productividad y la integral de índices de vegetación (IVNi) obtenida desde imágenes satelitales. La IVNi se calculó como la sumatoria de valores cada 16 días de IVN durante la extensión de la estación de crecimiento. Los índices analizados fueron 3: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), EVI (Enhanced Vegetation Index) y SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) (Lu *et al.*, 2015), se utilizó el programa R (Package MODIS-TSP) y ERDAS para el procesamiento de la información.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

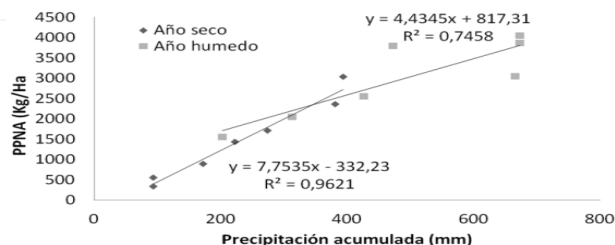
Chamental tiene para el periodo considerado de la estación de crecimiento de buffelgrass una precipitación media de 432.9 mm (SMN 1981-2010). Se analizaron dos ciclos de crecimiento con precipitaciones contrastantes. El ciclo 1 (2015-2016) presentó un valor de precipitación acumulada de 672 mm, mientras que el ciclo 2 (2016-2017) presentó un valor de 393 mm. Así, fueron clasificadas como año húmedo y año seco respectivamente. La Figura 1 muestra la dinámica mensual de la PPNA en los dos ciclos analizados.

En el año húmedo se alcanzó una PPNA de  $4046 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que en el año seco esta disminuyó a  $3036 \text{ kg ha}^{-1}$ . Sin embargo, el año seco tuvo una eficiencia en el uso de la precipitación (EUP) superior al año húmedo ( $7,7 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$  y  $6,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ , respectivamente) demostrando que en años secos la pastura convierte milímetros de lluvia en fitomasa de una forma más eficiente. El análisis de las pendientes de la relación entre la precipitación acumulada (PPac) y la PPNA para los dos ciclos analizados se muestra en la Figura 2. Esta sensibilidad de la PPNA a cambios de la precipitación define la respuesta marginal de la precipitación (Verón *et al* 2005). La tasa de cambio es mayor durante el año seco que durante el año húmedo.

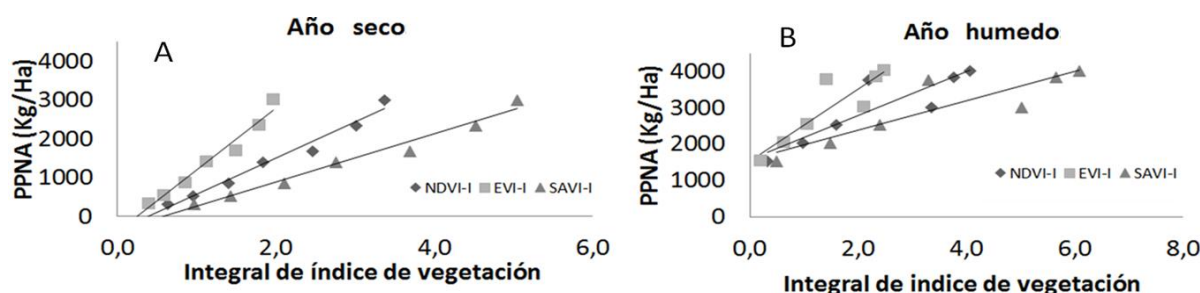
Por último, analizamos la relación entre la PPNA e índices de vegetación para año seco y húmedo en el mismo periodo de tiempo (Figura 3 A-B). En general, todas las integrales de los índices correlacionan bien con la productividad (Figura 3 A-B y Tabla 1). Años secos (Figura 3-A; Tabla 1) mostraron mejor ajuste que años húmedos (Figura 3-B; Tabla 1) en la relación de los índices de vegetación con la PPNA. Sin embargo, no se observaron diferencias entre los diferentes índices en el ajuste para cada uno de los ciclos analizados. La mejor pendiente en año seco la mostró NDVI, y en año húmedo EVI (Tabla 1). Finalmente, la ordenada de la recta de regresión muestra que el mínimo de PPNA para año húmedo fue superior al de año seco (Tabla 1).



**Figura 1:** Dinámica de la PPNA para el año húmedo 2015-2016 y el año seco (2016-2017)



**Figura 2:** Relación entre la precipitación acumulada (mm) y la PPNA ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para el año húmedo 2015-2016 (cuadrado-gris) y año seco 2015-2016 (rombo gris oscuro).



**Figura 3:** Relación entre la integral de índices de vegetación y la PPNA ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) para A) Año seco y B) Año húmedo. Los índices analizados fueron NDVI (rombo), EVI (cuadrado) y SAVI (triángulo).

**Tabla 1.** Parámetros obtenidos del análisis de regresión de la relación Integral de los índices de vegetación vs PPNA clasificados de acuerdo a si ocurrieron en año seco o año húmedo.

Integral de IVN	R <sup>2</sup>		Pendiente		Ordenada	
	Año seco	Año húmedo	Año seco	Año húmedo	Año seco	Año húmedo
NDVI	0,975	0,793	933,3	602,0	390,7	1585,8
EVI	0,966	0,804	1591,2	933,7	350,1	1541,8
SAVI	0,975	0,793	622,2	401,4	350,2	1585,8

## CONCLUSION

La precipitación opera como variable fundamental a nivel temporal. La precipitación acumulada condiciona no solo la PPNA final del sistema, sino la eficiencia con la que convierte milímetros de lluvia en biomasa. En sistemas de pasturas sin presencia de estratos leñosos, el valor de la integral de los índices de vegetación son buenos estimadores de la productividad.

## REFERENCIAS

- Díaz-Solis, H.; Kothmann, M.M.; Hamilton, W.T.; Grant W.E. 2003. A simple ecological sustainability simulator (SESS) for stocking rate management on semi-arid grazing lands. *Agricultural Systems* 76.2: 655-680.
- Lauenroth, W. K.; Sala O. E. 1992. Long-term forage production of North American short grass steppe. *Ecological Applications* 2.4: 397-403.
- Lu, L.; Kuenzer, C.; Wang, C.; Guo, H.; Li, Q. 2015. Evaluation of three MODIS-derived vegetation index time series for dryland vegetation dynamics monitoring. *Remote Sensing*, 7(6), 7597-7614.
- McNaughton, S. J.; Oesterheld, M.; Frank, D. A.; Williams, K. J. 1989. Ecosystem-level patterns of primary productivity and herbivory in terrestrial habitats. *Nature*, 341(6238), 142.
- Namur, P.; Tessi, J.; Ávila, R.; Rettore, H.; Ferrando, C. 2014. Buffel Grass. Generalidades, implantación y manejo para recuperación de áreas degradadas. INTA - Estación Experimental Agropecuaria La Rioja.
- Sala, O. E.; Austin, A. T. 2000. Methods of estimating aboveground net primary productivity. En *Methods in ecosystem science* (pp. 31-43). Springer, New York, NY.
- Verón, S.; Oesterheld, M.; Paruelo, J. 2005. Production as a function of resource availability: Slopes and efficiencies are different. *Journal of Vegetation Science*. 16: 351-354.

# DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA BASE DE DOS ESPECIES DE ÁRBOLES NATIVOS: *ERYTHRINA CRISTA-GALLI* (CEIBO) Y *HANDROANTHUS HEPTAPHYLLUS* (LAPACHO) EN ARGENTINA

Gastaudo, J.<sup>1\*</sup>; Anibalini, V.A.<sup>2</sup>; Coronel, A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Zoología General, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Campo Experimental Villarino C.C. 14 (S2125ZAA) Zavalla- Santa Fe, Argentina

<sup>2</sup>Cátedra de Climatología Agrícola, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Rosario. Campo Experimental Villarino C.C. 14 (S2125ZAA) Zavalla- Santa Fe, Argentina

\*Contacto: juliagastaudo@gmail.com

**Palabras clave:** acumulación de calor; biometeorología; especies nativas

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las fenofases de los vegetales, tiene una respuesta universal a la temperatura (Sadras *et al.*, 2000). Esta respuesta es la responsable de la aceleración del crecimiento y desarrollo de las plantas cuando son expuestas a temperaturas más altas que a una determinada Temperatura base (Tb) (Agüero *et al.*, 2011). La Tb, es la temperatura inicial de crecimiento propia de cada especie a partir de la cual ésta comienza a acumular calor (Pascale y Damario, 2013). Es diferente a la temperatura vital mínima de crecimiento. Conocer la Tb de una especie en particular nos permite establecer a partir de qué momento, en una determinada localidad o región, comenzará su ciclo biológico. Por lo tanto y en función de que no existe información sobre la temperatura base de las distintas especies autóctonas de nuestro país, se decidió trabajar con ceibo (*Erythrina crista-galli* L.) y lapacho (*Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos). El objetivo de este trabajo fue determinar la temperatura base de cada fenofase en cada especie.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el campo experimental “José Félix Villarino” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Rosario, localizada en Zavalla, Santa Fe, Argentina. Se trabajó con dos especies de árboles nativos (Ceibo –*Erythrina crista-galli*- y Lapacho –*Handroanthus heptaphyllus*-), eligiendo estas especies en particular porque no se conocían datos biometeorológicos hasta el momento, para la región. Se realizaron observaciones periódicas de las diferentes fases fenológicas de cinco ejemplares de ceibo y tres de lapacho durante dos años (periodo 2014-2015 y 2015-2016). Además, se registraron las temperaturas medias a las cuales estuvieron sometidas las distintas etapas.

Desde el punto de vista fenológico, se dividió al ciclo ontológico de las especies en cuatro fenofases o fases fenológicas: brotación, floración, fructificación y caída del follaje, para luego poder hacer el cálculo de la Tb por fenofase.

Desde el punto de vista estadístico, la Tb se calculó mediante la aplicación de dos métodos: el de *menor coeficiente de variabilidad* y el de *intercepción de la equis* (Arnold, 1959; Spano *et al.*, 1999), que son los más utilizados para calcular la Tb en los cultivos.

El método del menor coeficiente de variabilidad consiste en computar la suma de las temperaturas residuales, para las correspondientes fenofases, sobre varios niveles térmicos escalonados a partir de los 0°C y calcular el coeficiente de variabilidad de cada nivel. Aquel nivel que muestre menor variabilidad en las sumas para cada fase analizada será la Tb a utilizar (Pascale y Damario, 2004). Al aplicar este método se utilizaron, para cada fenofase, los datos de duración de las etapas de todos los individuos bajo estudio de cada especie y las temperaturas medias diarias.

El método de intercepción de las equis es un procedimiento gráfico que consiste en puntear sobre un eje de coordenadas la velocidad de desarrollo en ordenadas y las temperaturas medias en abscisas, ambas correspondientes a cada una de las épocas de ocurrencia de las fenofases. La velocidad de desarrollo es la inversa del número de días que dura cada fase fenológica. Aplicando la fórmula producto de esa gráfica se obtiene la Tb.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que para *E. crista-galli* existe un segundo episodio de floración, por lo que se lo analizó como una fase a parte del primer episodio. En cuanto al cálculo de la Tb, por el método del menor coeficiente de variabilidad se obtuvo una Tb de 0°C en las etapas de floración, fructificación y caída del follaje (Tabla 1). En cambio, para la etapa de brotación ésta fue de 10°C. En *H. heptaphyllus*, por este método, la Tb calculada fue de 0°C en fructificación y caída del follaje; y de 11°C para floración y brotación (Tabla 2). Mediante el método de la intercepción de las equis, para ceibo la Tb obtenida fue diferente en cada una de las fenofase (Tabla 3). En el caso de *H. heptaphyllus*, para este método, los valores también fueron disímiles (Tabla 4). Entre ambos métodos se encontraron iguales valores para la fase de brotación en ceibo, y de brotación y floración en lapacho. El resto de las etapas mostraron valores muy distintos para ambas especies. Comparando los dos métodos de obtención

de la Tb, se decidió utilizar una Tb de 10°C para *E. crista-galli* y de 11°C para *H. heptaphyllus*, siguiendo a Spano *et al.* (1999).

**Tabla 1.** Coeficientes de variabilidad calculados para *E. crista-galli*

Coeficiente de variabilidad					
	0°C	2°C	5°C	7°C	10°C
<b>Brotación</b>	45,46	45,30	44,98	44,68	44,37
<b>Floración 1</b>	24,17	24,21	24,30	24,39	24,66
<b>Floración 2</b>	47,67	47,71	47,78	47,85	48,03
<b>Fructificación</b>	46,45	46,71	47,19	47,64	48,58
<b>Caída del follaje</b>	25,82	27,58	31,77	36,29	46,48

**Tabla 2.** Coeficientes de variabilidad calculados para *H. heptaphyllus*

Coeficiente de variabilidad						
	0°C	2°C	5°C	7°C	10°C	11°C
<b>Floración</b>	30,95	30,28	28,98	27,84	25,95	25,57
<b>Brotación</b>	18,82	18,50	17,92	17,49	16,93	16,90
<b>Fructificación</b>	37,54	37,65	37,88	38,09	38,54	38,74
<b>Caída del follaje</b>	17,40	18,09	20,95	25,68	40,97	47,77

**Tabla 3.** Tb por intercepción de las equis para *E. crista-galli*

TB (°C)	
<b>Floración 1</b>	10
<b>Floración 2</b>	17
<b>Brotación</b>	14
<b>Fructificación</b>	28
<b>Caída del follaje</b>	-0,18

**Tabla 4.** Tb por intercepción de las equis para *H. heptaphyllus*

TB (°C)	
<b>Floración</b>	11
<b>Brotación</b>	11
<b>Fructificación</b>	26
<b>Caída del follaje</b>	1

## CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, se sugiere utilizar 10°C de Tb para *E. crista-galli* y de 11°C para *H. heptaphyllus* para la zona geográfica del sur de Santa Fe, Argentina, indicando que en esa región estas especies acumulan calor por encima de esos valores de temperatura. Es importante tener en cuenta este parámetro para posteriores cálculos de los grados días que se requieren para superar cada fase.

## REFERENCIAS

- Agüero, S.N.; Ojeda Férrez, E.; Giraldez A.; Galleguillo, N.; Barbieri, G.; Zeman, E.; Tolosa, G.; Villegas, J.A.; Costa M.C.; Martín G.O. 2011. Acumulación de grados-día entre siembra y cosecha y rendimiento granífero obtenido, en cereales invernales. En: Ulla EL; Rodríguez Rey JA (Eds). Ed. FAZ-UNT. Avances en la Producción Vegetal y Animal del NOA 2009-2011. San Miguel de Tucumán, Argentina. p: 318-323.
- Arnold, C.Y. 1959. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 74: 430-455.
- Pascale, A.J.; Damario, E.A. 2004. Bioclimatología agrícola y agroclimatología. Ed. Facultad de Agronomía, UBA. p.550.
- Pascale, A.J.; Damario, E.A. 2013. Índices biometeorológicos y agroclimáticos. En: 2013. Murphy GM; Hurtado RH (Eds). Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina. p. 267-293.
- Sadras, V.O.; Ferreiro, M.; Gutheim, F.; Kantolic, A.G. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperiodo. En: Andrade FH, Sadras VO. Bases para el Manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Edit. Médica Panamericana, Buenos Aires, Argentina. p: 29-60.
- Spano, D.; Cesaraccio, C.; Duce, P.; Snyder, R.L. 1999. Phenological stages of natural species and their use as climate indicators. International Journal of Biometeorology 42: 124-133.

# COMPORTAMIENTO FENOLOGICO Y EVALUACIÓN DE INDICES TERMICOS PARA MAIZ COLORADO DON AMILCAR EN CINCO SALTOS, RÍO NEGRO, ARGENTINA

Gonzalez, D.A.<sup>1\*</sup>; Forquera, J.C.<sup>1</sup>; Pueblas, L.<sup>1</sup>; Orrego, L. M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Cs. Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos 8303, Argentina.

\*Contacto: diego.gonzalez@faca.uncoma.edu.ar

**Palabras clave:** ciclo de vida, integral térmica, cultivo forrajero, regresión no-lineal sigmoidea

## INTRODUCCIÓN

La predicción de los eventos fenológicos tiene importancia en diversos aspectos prácticos de la agronomía. Mucha información existe sobre la aplicación de modelos de tiempo térmico, sumas térmicas o grados día para lograr la identificación de mejores épocas de siembra, el escalonamiento de fecha de cosecha, planeamiento de las actividades agrícolas y programas de mejoramiento (Warrington y Kanemasu, 1983).

La temperatura es la causa principal de variación anual de las etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. Teniendo en cuenta que en la zona se está realizando este cultivo, como alternativa a la producción local de frutas de pepita, y considerando su potencial forrajero por expansión del sector ganadero en Patagonia Norte, resulta de utilidad el estudio y evaluación de los índices térmicos del cultivo de maíz al igual que la respuesta fenológica dado que esta información es inexistente en Cinco Saltos, Río Negro.

Las sumas térmicas se asocian a modelos lineales, exponenciales o sigmoideos, con ellos se puede predecir el momento de ocurrencia de las distintas fases fenológicas del maíz. (Gilmore y Rogers, 1958; Coelho y Dale, 1980; Lozada y Angelocci, 1999).

En la región pampeana Argentina, las características agroclimáticas han sido estudiadas en detalle por diversos autores y se destacan, entre otros Damario y Pascale (1972) realizando proyecciones de sumas térmicas a otras latitudes del país, no existiendo referencias de este cultivar en la zona de Cinco Saltos, Río Negro

La marcha calórica del suelo y del aire, desde la siembra del cultivo hasta la cosecha, se ajusta matemáticamente a una función sigmoidea. El objetivo del trabajo es realizar el seguimiento fenológico y ajustar índices térmicos para el cultivo de maíz cultivar “Don Amilcar” en el período 2017-2018 a funciones matemáticas sigmoideas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se sembraron 8 filas de maíz en el cuadro 8 de la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) en Cinco Saltos en sentido Norte-Sur, según orientación del sistema de riego (dos pasadas de sembradora) por 50 metros de largo. El marco de plantación fue de 0,20 m entre plantas y 0,70 m entre filas. La fecha de siembra fue el 3 de noviembre del 2017 y la determinación de la madurez fisiológica el 24 de marzo del 2018.

El material utilizado fue Maíz Colorado Don Amilcar FCA, originado a partir de germoplasma de Choique INTA y una variedad de Colorado duro de origen no determinado que presenta buena adaptación a condiciones locales, de polinización abierta, buen comportamiento al vuelco y quebrado y sanidad en general (Verdile, 2013).

Para la construcción de los índices térmicos se utilizaron los datos relevados en la estación meteorológica automática de la Universidad Nacional del Comahue ubicada en Cinco Saltos (CCSS) que está ubicada alt. 285 m.s.n.m. lt.38°56'S long.67°59'O.

La observación fenológica se realizó dos días por semana (martes y jueves), utilizando la escala desarrollada por Ritchie y Hanway (1982), registrando cada estado cuando el 50% de las plantas presentaban las características morfológicas de la fase identificada. Los modelos de tiempos térmicos evaluados fueron los siguientes:

### 1. Modelos que solo usan temperatura

- A) Modelo lineal con temperatura base 8 °C (GD8)
- B) Modelo lineal con temperatura base 10 °C (GD10)
- C) Modelo lineal modificado (Gilmore-Roger) temperatura base 10 °C y TM 30 °C (G&R)
- D) Modelo lineal y cuadrático de Ontário Temperatura base 10 °C para la máxima y 4,4 °C para la mínima (TT)

### 2. Modelos combinados de temperatura y fotoperiodo

- E) Modelo Heliotérmico (IHT0)
- F) Modelo Fototérmico (UFT8)

Para cada uno de los modelos se realizó un ajuste aplicando un modelo no lineal del tipo sigmoideo, en todos los casos se minimizó el error cuadrático medio. La estructura de la función utilizada es:

$$IT = \frac{\alpha}{(1 + \beta \cdot e^{(-\gamma \cdot Dias)})} + \delta \quad (1)$$

Donde IT = Índice térmico del modelo ajustado acumulado.  $\alpha$  = parámetro 1 de ajuste



$\beta$  = parámetro 2 de ajuste.

$\chi$  = parámetro 3 de ajuste.

$\delta$  = parámetro 4 de ajuste

Días= Días después de la siembra.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa las etapas fenológicas registradas y la duración en días de cada una de ella. La duración del ciclo hasta madurez fisiológica fue de 142 días. En total se desplegaron 15 hojas y en promedio se encontraron 1,5 espigas por planta, la altura media fue de 2.70 m. En la Tabla 2 se muestran los valores calculados de los índices térmicos para cada uno de los modelos y etapas del cultivo.

**Tabla 1.** Etapas fenológicas del maíz y su duración aproximada.

Etapas	Días
Siembra - Emergencia	8
Emergencia - Panoja	74
Panoja - Floración	2
Floración -Madurez	58
Total	142

**Tabla 2.** Modelos evaluados por etapa.

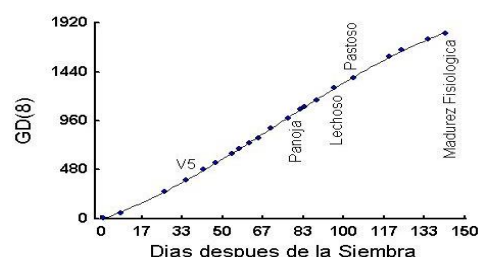
Etapas	Temperatura -Lineales				Temperatura y Fotoperíodo	
	GD8	GD10	G&R	TT	IHT0	UFT8
Siembra - Emergencia	56	42	50	149	18	9
Emergencia - Panoja	1013	863	804	1777	233	147
Panoja - Floración	25	21	21	51	6	4
Floración -Madurez	717	601	549	1255	156	95
Totales acumulados	<b>1811</b>	<b>1527</b>	<b>1425</b>	<b>3232</b>	<b>413</b>	<b>254</b>

La tasa media de aparición de hojas fue de 66 °C por hoja para GD8, 56 °C para GD10, 53 °C para G&R, 120 °C para TT. En el caso de índices combinados fue de 16 unidades para IHT0 y 10 unidades para UFT8.

En la Tabla 3 se representan los parámetros del ajuste para cada modelo aplicado y su error cuadrático medio (CME). En la Figura 1 solo para GD8 se muestran los datos observados (puntos) y la función ajustada (línea continua), señalando los principales estados fenológicos.

**Tabla 3.** Parámetros de regresión

	GD8	GD10	G&R	TT	IHT (0)	UFT 8
$\alpha$	2858,5	2271,6	2234,3	7647,8	439,8	370,4
$\beta$	4,76	5,54	4,57	2,19	13,10	5,14
$\chi$	0,021	0,023	0,022	0,01	0,04	0,02
$\delta$	-502,7	-353,2	-406,2	-2420,0	0	-60,74
CME	97,2	96,6	62,5	664	115,8	1,58



**Figura1.** Grados días acumulados (GD8) y Ajuste (línea)

## CONCLUSIONES

Para la temporada 2017-2018 el maíz Colorado Don Amilcar FCA con fecha de siembra 3 de noviembre cumplió todas sus etapas de desarrollo (llegó a madurez fisiológica). Los GD8 acumulados para todo el ciclo alcanzaron un valor de 1811 °C días, para GD10 la acumulación fue 1527 °C días y para TT de 3232 °C días. Para los modelos que solo usan temperatura G&R da el CME más bajo y en los modelos combinados es UFT (8) quien presentó el menor CME, siendo éste también el menor de todos los modelos analizados. A los efectos de verificar y extender estos resultados, en la próxima temporada se incorporarán al ensayo al menos dos fechas de siembra anteriores al 3 de noviembre dado que la temperatura media del aire es superior a 8°C desde el mes de setiembre en Cinco Saltos; esta condición sería favorable al desarrollo vegetativo que se traduciría en mejor rendimiento final del cultivo.

## REFERENCIAS

- Coelho, D.; Dale, R. 1980. An energy-crop growth variable and temperature function for predicting corn growth and development-planting to silking. *Agronomy Journal*. Madison., v.72, n.3, p. 503-510.
- Confalone, A E y Dujmovich, M. 1999. Comparacion de Modelos de Tiempo Térmico para Maíz. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v7, n.2, p 207-2011.
- Damario, E.; Pascale, A. 1972. Estimación de suma de temperaturas efectivas normales para estudios agroclimáticos. *Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de Buenos Aires*, 19 (3):109-124.
- Gilmore, E.; Rogers, J. 1958. Heat units as a method of measuring maturity in corn. *Agronomy Journal*, Madison., v.50,n.5, p.611-615.
- Lozada, B.; Angelocci, L. 1999. Determinacao da temperatura-base e graus-día para estimativa da duracao do subperíodo da sementeira á floracao de um híbrido de milho (Zea mays). *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria., v.7, n.1, p.31-36.
- Murphy, G.; Hurtado, R. 2015. *Agrometeorología*. Editorial Facultad de Agronomia Universidad de Buenos Aires, p270-285.
- Verdile, H. (2013) Cartilla descripción del Maíz Colorado Don Amilcar FCA, Catedra de Taller Agrícola, publicado en Boletín Electrónico de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNComahue - ISSN 1852-4559 Vol 5 Nro2 (jun 2013).
- Warrington, I.; Kanemasu, E. 1983. Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassell initiation, and anthesis. *Agronomy Journal*, Madison., v.75,n.5p.749-754.

# EVOLUCIÓN DEL ÁREA FOLIAR EN CANOPEOS DE MAÍZ CRECIENDO SOBRE CULTIVO DE COBERTURA Y SOBRE BARBECHO LIMPIO EN EL SUDESTE BONAERENSE

Irigoyen, A.I.<sup>1,2\*</sup>; Cambareri, M.A.<sup>1</sup>; Echarte, L.<sup>1,3</sup>; Rivas, R.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP), Ruta Nac. 226, km 73,5 Balcarce, 7620, Argentina

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), Argentina<sup>a</sup>

<sup>3</sup> EEA INTA Balcarce, Balcarce, 7620, Argentina

\*Contacto: irigoyen.andrea@inta.gob.ar

**Palabras clave:** área foliar relativo, tiempo térmico

## INTRODUCCIÓN

En el cultivo de maíz, el hábito de crecimiento del híbrido es uno de los factores que afecta la generación de área foliar verde (Birch *et al.*, 2003; Maune, 2014). A su vez, la estructura del canopeo también puede modificarse por prácticas de manejo como la fecha de siembra, la densidad de plantas y la disponibilidad de nutrientes y agua (Maddonni *et al.*, 2001; Birch *et al.*, 2003; Maune, 2014; Valentinuz y Tollenaar, 2006; Birch *et al.*, 2008, Díaz, 2015, Corral, 2016).

En el sudeste bonaerense se ha descripto la variación de los atributos físicos y funcionales del canopeo asociados a prácticas de manejo del cultivo (Maune, 2014; Díaz, 2015, Irigoyen *et al.*, 2015, Corral, 2016). En los últimos años, se ha iniciado la evaluación biofísica para el manejo de maíz implantado después de un cultivo de cobertura (Irigoyen *et al.*, 2016), práctica que se promueve actualmente en la región para un uso más eficiente de los recursos del ambiente. Es de interés evaluar si la presencia de residuos en superficie, capaz de modificar los niveles de disponibilidad de agua y nitrógeno provoca variaciones en la generación y mantenimiento del área foliar verde, por las implicancias directas sobre el uso de agua y la producción de biomasa y rendimiento.

El objetivo del presente trabajo fue describir la evolución del área foliar en canopeos de maíz creciendo bajo diferente disponibilidad de agua con y sin cobertura de la superficie con residuos vegetales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña agrícola 2016-2017 fue conducido un experimento en Balcarce, Argentina (37°45' S, 58°18' O; 130m snm) sobre un suelo Argiudol típico con una profundidad efectiva de 1,7 m. Se evaluaron condiciones de disponibilidad de agua (secano S y riego R) sobre dos manejos, barbecho limpio con siembra convencional (Conv) y con residuos vegetales en superficie por cultivo de cobertura previo (CC). El CC estuvo compuesto por vicia (*Vicia villosa* Roth.) y avena (*Avena sativa* L.). El maíz (DK692 VT3, MR118) se sembró el 15/11 a una densidad de 8 plantas m<sup>-2</sup>. La evolución del contenido de agua en el suelo para cada tratamiento y su relación con el uso de agua y rendimiento fue descripta en Cambareri *et al.* (2018 a y b).

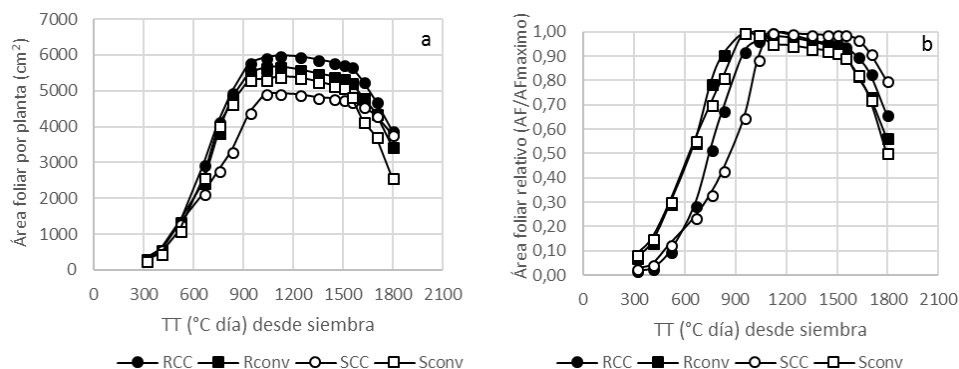
Las determinaciones fenométricas y fenológicas fueron realizadas semanalmente sobre 15 plantas para tratamiento. El área foliar verde por planta (AFV) fue determinada para cada fecha de monitoreo mediante la integración del área de hojas individuales, que a su vez fue estimada mediante un modelo multiplicativo entre longitud, ancho de la lámina y un factor constante (0,75) atribuido a la forma de la hoja. La evolución del área foliar durante la estación de crecimiento fue expresada como área foliar verde por planta (AFV) y como área foliar relativo (AFV/AFV máximo de cada tratamiento). Se calculó el tiempo térmico acumulado desde la siembra hasta cada una de las fechas de determinación, empleando el método residual con temperatura base de 8°C.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 puede observarse la evolución del área foliar verde de acuerdo con los tratamientos de manejo de residuos en superficie y de disponibilidad de agua en el suelo. El área foliar verde por planta en un momento dado de la estación de crecimiento está determinado por el número de hojas por planta y el tamaño de cada hoja. El tamaño máximo alcanzado en cada hoja ha sido descripto para estos tratamientos en Irigoyen *et al.* (2018). El área foliar verde por planta (Figura 1.a) no se diferenció significativamente entre tratamientos al inicio del monitoreo, en concordancia con lo reportado en la literatura que menciona que las prácticas de manejo no afectan el área foliar inicial (Birch *et al.*, 2003, Maune, 2014, Corral, 2016). A partir de los 400 °C día, el manejo en secano y sobre cultivo de cobertura (SCC) exhibió una reducción significativa respecto a los demás tratamientos. Por otra parte, el manejo con cobertura y en condiciones no limitantes la mayor parte de la estación de crecimiento (Cambareri *et al.*, 2018 b), que requirió una aplicación de riego de 428 mm, manifestó mecanismos de generación y mantenimiento del área foliar verde que no se diferenciaron del manejo convencional con barbecho limpio.

La descripción del área foliar relativa al máximo en cada tratamiento (Figura 1 b) brinda información para la toma de decisiones del momento de monitoreo y el pronóstico anticipado de rendimiento. Entre los 800 y 1600 °C día desde siembra, el área foliar relativo fue superior a 0,9 en los manejos sin cobertura (tanto en secano como bajo riego). El canopeo más limitado (SCC) mostró capacidad para mantener valores mayores a 0,90 del

máximo entre los 1000 y 1600 °C día. Bajo condiciones ambientales semejantes a la campaña agrícola evaluada, si se monitorea a los 58 días desde siembra (752 °C día), el área foliar por planta estará próxima al 70% del máximo alcanzable en los canopeos de manejo convencional y apenas 50 y 30% en los manejos RCC y SCC, respectivamente. A su vez, si se monitorea el área foliar a la mitad de la estación de crecimiento (próximo a los 900 °C día), el área foliar estará próxima al máximo alcanzable en los canopeos de manejo convencional, mientras que representará alrededor del 60% del máximo esperable en canopeos con restricciones en el desarrollo (SCC).



**Figura 1.** Evolución del área foliar verde en canopeos de maíz creciendo con y sin cultivo de cobertura previo (CC y conv) en seco (S) y bajo riego (R). a. Área foliar verde por planta. b. Área foliar relativa.

## CONCLUSIONES

El área foliar por planta fue reducida en los canopeos con cultivo de cobertura (CC) previo al maíz bajo condiciones limitantes de agua como las experimentadas en seco durante la campaña agrícola 2016-2017, mientras tanto en condiciones no limitantes, los canopeos siguiendo a un cultivo de cobertura pueden no diferenciarse de los alcanzados con el manejo convencional de barbecho limpio.

## AGRADECIMENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto “Atributos biofísicos y estructurales del canopeo en maíz” (UNMdP-AGR505/16).

## REFERENCIAS

- Birch, C.J.; Thornby D.; Adkins S.; Andrieu B.; Hanan, J. 2008. Architectural modelling of maize under water stress. *Australian J. Exp. Agriculture* 48: 335-341.
- Birch, C.J.; Vos, J.; Van Der Putten, P.E.L. 2003. Plant development and leaf area production in contrasting cultivars of maize grown in a cool temperate environment in the field. *European Journal of Agronomy* 19: 173-188.
- Cambareri, M. A.; Irigoyen, A.I.; Echarte, L.; Fereres, E. 2018 a. Evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua de maíz sobre cultivo de cobertura en el sudeste bonaerense. I: Condiciones de seco. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Villa de Merlo.
- Cambareri, M. A.; Irigoyen, A.I.; Echarte, L.; Fereres, E. 2018 a. 2018 b. Evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua de maíz sobre cultivo de cobertura en el sudeste bonaerense. II: Condiciones de agua no limitante. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Villa de Merlo.
- Corral, A. 2016. Densidad de plantas y estructura del canopeo de maíz. Tesis de graduación. UNMdP, Argentina. 54 p.
- Díaz, V. 2015. Área foliar verde y estructura del canopeo en el cultivo de maíz bajo sistemas con diferente grado de intensificación en la producción de granos. Tesis de graduación. UNMdP, Argentina. 42 p.
- Irigoyen, A. I.; Cambareri, M. A.; Echarte, L. 2016. Estructura vertical del canopeo de maíz en panojamiento: Efecto de la cobertura de la superficie, agua y nitrógeno. XVI Reunión Argentina y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Puerto Madryn.
- Irigoyen, A.; Corral, A.; Díaz, V.N.; Echarte, L. 2015. Chlorophyll leaf profile and light attenuation during reproductive stages of maize as affected by plant population. In: de Campos, A.B.; Gabriels, D. and Deyanira, L.L. (ed.) *Impacts of Agroecosystems on Environment*. CH. I. Environmental sustainability of agrosystems: 23-28. UNESCO Chair of Eremology, Ghent University, Belgium and International Centre of Eremology (ICE), Ghent University, Belgium.
- Irigoyen, A. I.; Cambareri, M. A.; Echarte, L.; Rivas, R.E. 2018. Morfología foliar en canopeos de maíz creciendo sobre cultivo de cobertura y sobre barbecho limpio en el sudeste bonaerense. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Villa de Merlo.
- Maddonni, G.A.; Otegui, M.E.; Cirilo, A.G. 2001. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize architecture and light attenuation. *Field Crops Res.* 71: 183-193.
- Maune, C. 2014. Fechas de siembra y desarrollo del área foliar pre-antesis en híbridos de maíz de diferente madurez relativa. Tesis de graduación, UNMdP, Balcarce, Argentina. 46 p.
- Valentinuz, O.R.; Tollenaar, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agron. J.* 98:94-99.

# MORFOLOGÍA FOLIAR EN CANOPEOS DE MAÍZ CRECIENDO SOBRE CULTIVO DE COBERTURA Y SOBRE BARBECHO LIMPIO EN EL SUDESTE BONAERENSE

Irigoyen, A.I.<sup>1,2\*</sup>; Cambareri, M.A.<sup>1</sup>; Echarte, L.<sup>1,3</sup>; Rivas, R.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias (UNMdP), Ruta Nac. 226, km 73,5 Balcarce, 7620, Argentina

<sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC)

<sup>3</sup> EEA INTA Balcarce, Balcarce, 7620, Argentina

\*Contacto: irigoyen.andrea@inta.gob.ar

**Palabras clave:** expansión foliar, riego y secano, tiempo térmico

## INTRODUCCIÓN

En maíz, el tamaño máximo individual de cada hoja puede ser descripto a partir de una función en forma de campana (Dwyer y Stewart, 1986), aunque también ha sido demostrado que las prácticas de manejo pueden modificar la forma de esa curva (Valentinuz y Tollenaar, 2006; Karabadut *et al.*, 2010, Maune, 2014, Díaz, 2015, Corral, 2016).

Si bien, se han descripto algunos indicadores del desarrollo foliar para canopeos de maíz que siguen en la secuencia a un cultivo de cobertura (CC) en el sudeste bonaerense (Irigoyen *et al.*, 2016; Irigoyen *et al.*, 2018), aún no se han analizado en detalle los mecanismos de desarrollo foliar que generan una menor área foliar por planta en el canopeo CC respecto al canopeo de manejo convencional de barbecho limpio (Conv) cuando se maneja en secano (S) y que a su vez permiten eliminar esas diferencias de área foliar entre tratamientos bajo un manejo sin limitantes de agua.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar el canopeo mediante el tamaño máximo alcanzado por hoja para cultivos de maíz creciendo bajo diferente disponibilidad de agua con y sin cobertura de la superficie con residuos vegetales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

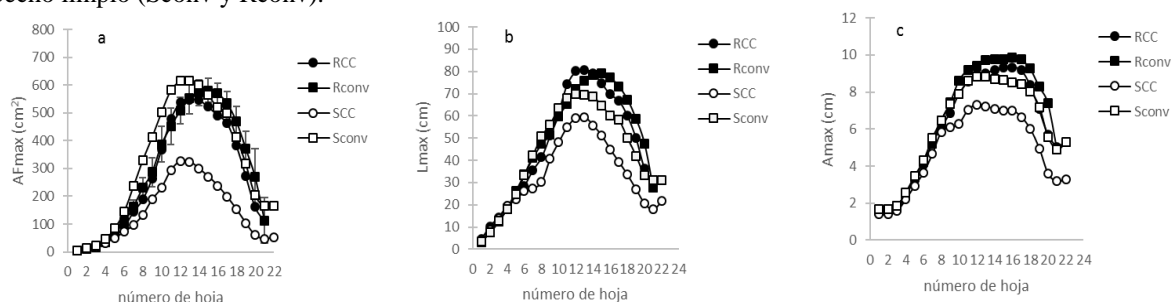
Durante la campaña agrícola 2016-2017 fue conducido un experimento en Balcarce, Argentina (37°45' S, 58°18' O; 130 m snm) sobre un suelo Argiudol típico con una profundidad efectiva de 1,7 m. Se evaluaron condiciones de disponibilidad de agua (secano S y riego R) sobre dos manejos, barbecho limpio con siembra convencional (Conv) y con residuos vegetales en superficie por cultivo de cobertura previo (CC). El CC estuvo compuesto por vicia (*Vicia villosa* Roth.) y avena (*Avena sativa* L.). El maíz (DK692 VT3, MR118) se sembró el 15/11 a una densidad de 8 plantas m<sup>-2</sup>. La evolución del contenido de agua en el suelo para cada tratamiento y su relación con el uso de agua y rendimiento fue descripta en Cambareri *et al.* (2018 a y b).

Las determinaciones fenométricas y fenológicas fueron realizadas semanalmente sobre 15 plantas para tratamiento. El área foliar verde por planta (AFV) fue determinada mediante la integración del área de hojas individuales, que a su vez fue estimada mediante un modelo multiplicativo entre longitud, ancho de la lámina y un factor constante (0,75) atribuido a la forma de la hoja. La evolución del área foliar por planta durante la estación de crecimiento fue discutida en Irigoyen *et al.* (2018). A partir de las determinaciones consecutivas se caracterizaron los atributos morfológicos de las láminas de cada hoja mediante los valores medios de: área máxima (AFmax), ancho máximo (Amax) y longitud máxima (Lmax). Las hojas fueron numeradas por orden de aparición nodal desde la base al tope del canopeo. Se utilizaron las hojas nodales 8,10,12 para describir la evolución de la elongación promedio en función del tiempo térmico (TT) desde siembra calculado mediante el método residual con temperatura base (Tb) igual a 8 °C.

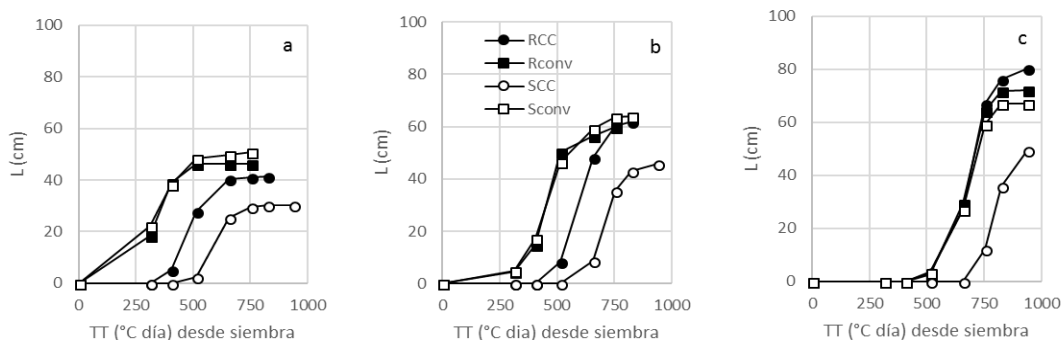
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la distribución de los atributos morfológicos (AFmax, Lmax y Amax) de acuerdo a la posición nodal de las hojas en el canopeo. Aunque se observaron algunas diferencias en el área foliar máxima (AFmax) entre los tratamientos (Kruskal Wallis, significancia de 0,05) en la porción central de canopeo, la distribución del tamaño máximo de las hojas siguiendo una curva en forma de campana se mantuvo en cada uno de los tratamientos, en concordancia con lo reportado en la literatura para varias prácticas de manejo del cultivo (Valentinuz y Tollenaar, 2006, Karabadut *et al.*, 2010, Maune, 2014, Díaz, 2015, Corral, 2016). Se observaron cambios diferenciados asociados con los manejos CC y Conv en la distribución de tamaños de hojas de acuerdo a la disponibilidad de agua. Bajo el manejo Conv, el suministro adicional de agua desplazó el centro de simetría de la curva de distribución de área foliar máxima hacia las hojas que aparecen posteriormente (hoja 12 a hoja 14-15), mientras que en el manejo CC no modificó el centro, pero sí el tamaño final de hojas. Este efecto debe relacionarse con el momento y magnitud de las deficiencias de agua en la campaña agrícola (Cambareri *et al.*, 2018 a y b). Las diferencias en área foliar por planta descriptas en la campaña agrícola (Irigoyen *et al.*, 2018), en parte pueden explicarse por el tamaño máximo alcanzado por hoja individual y en parte, por el número de hojas que se expanden en un determinado momento. Se observó un atraso en el proceso de expansión foliar en la

estación de crecimiento para el tratamiento SCC y a su vez, una reducción de la duración del período con tasas máximas (Figura 2). Sin limitantes de agua, el canopeo de maíz siguiendo a un cultivo de cobertura (RCC) mostró tasas de elongación semejantes e incluso superiores a las observadas en canopeos con manejos de barbecho limpio (Sconv y Rconv).



**Figura 1.** Valores medios de los atributos morfológicos de las hojas en canopeos de maíz creciendo con y sin cultivo de cobertura previo (CC y conv) en seco (S) y bajo riego (R). a. Área foliar máxima (AFmax). b. Longitud máxima (Lmax). c. Ancho máximo (Amax).



**Figura 2.** Evolución de la longitud media de la lámina (L) en hojas seleccionadas de canopeos de maíz con y sin cultivo de cobertura previo (CC y conv) en seco (S) y bajo riego (R). a. hoja 8. b. hoja 10. c. hoja 12.

## CONCLUSIONES

Sin limitantes de agua, los atributos foliares en canopeos de maíz creciendo en secuencia a un cultivo de cobertura (CC) no se modificaron significativamente con respecto a los canopeos que se desarrollan después de un barbecho limpio (conv). En seco, las diferencias de tamaño más significativas se detectaron en las hojas de mayor dimensión.

## AGRADECIMENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del proyecto “Atributos biofísicos y estructurales del canopeo en maíz” (UNMdP-AGR505/16).

## REFERENCIAS

- Cambareri, M. A.; Irigoyen, A.I.; Echarte, L.; Fereres, E. 2018 a. Evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua de maíz sobre cultivo de cobertura en el sudeste bonaerense. I: Condiciones de seco. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Villa de Merlo.
- Cambareri, M. A.; Irigoyen, A.I.; Echarte, L.; Fereres, E. 2018 b. Evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua de maíz sobre cultivo de cobertura en el sudeste bonaerense. II: Condiciones de agua no limitante. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Villa de Merlo.
- Corral, A. 2016. Densidad de plantas y estructura del canopeo de maíz. Tesis de graduación. UNMdP, Argentina. 54 p.
- Dwyer, L. M.; Stewart, D. W. 1986. Leaf area development in field grown maize. *Agronomy J.* 78: 334-343.
- Díaz, V. 2015. Área foliar verde y estructura del canopeo en el cultivo de maíz bajo sistemas con diferente grado de intensificación en la producción de granos. Tesis de graduación. UNMdP, Balcarce, Argentina. 42 p.
- Irigoyen, A. I.; Cambareri, M. A.; Echarte, L. 2016. Estructura vertical del canopeo de maíz en panojamiento: Efecto de la cobertura de la superficie, agua y nitrógeno. XVI Reunión Argentina y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Pto. Madryn.
- Irigoyen, A. I.; Cambareri, M. A.; Echarte, L.; Rivas, R.E. 2018. Evolución del área foliar en canopeos de maíz creciendo sobre cultivo de cobertura y sobre barbecho limpio en el sudeste bonaerense. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología. Villa de Merlo.
- Karadavut, U.; Palta, C.; Kokten, K.; Bakoglu. 2010. Comparative study on some non-linear growth models for describing leaf growth of maize. *Int. J. Agric. Biol.* 12: 227-230.
- Maune, C. 2014. Fechas de siembra y desarrollo del área foliar pre-antesis en híbridos de maíz de diferente madurez relativa. Tesis de graduación, UNMdP, Balcarce, Argentina. 46 p.
- Valentinuz, O.R.; Tollenaar, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agron. J.* 98:94-99.

# ESTRES TERMICO EN EL CULTIVO DEL MAIZ

Maio, S.<sup>1\*</sup>; Spescha, L.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Av. San Martín 4453 - C1417 DSE CABA, Argentina.

\*Contacto: smaio@agro.uba.ar

**Palabras clave:** cultivo de verano; golpe de calor; tendencia

## INTRODUCCIÓN

Desde inicios del siglo XXI, la producción mundial del maíz se posiciona como el cultivo de grano con mayor volumen de producción (FAO, 2012). Los estreses abióticos pueden impactar negativamente sobre el crecimiento a lo largo de todo su ciclo del cultivo. Sin embargo, sólo una parte del mismo es crítica para la determinación del rendimiento y usualmente coincide con el período en el cual se define el número de granos, período crítico (Rattalino Edreira, 2013).

El Quinto Informe de Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2014) prevé un aumento de la temperatura media de la atmósfera entre 1,1°C y 6,4 °C al final del Siglo XXI, con la consecuencia de diferentes impactos futuros tales como el aumento de la frecuencia de las temperaturas máximas, de olas de calor, las cuales acrecentarían la ocurrencia de episodios de estrés térmico (Tebaldi *et al.*, 2006).

En maíz, los golpes de calor (días con temperaturas >35 °C) ocurridos tempranamente durante el período post-floración pueden afectar negativamente el peso individual de los granos, a través de limitaciones del crecimiento del cultivo (Mayer, 2009).

En los últimos años, ha aumentado el área cultivada afectada por eventos extremos cálidos, conocido como “golpe de calor”. El estrés térmico por golpe de calor está definido como un ascenso en la temperatura máxima diaria por encima de un valor umbral y durante un período de tiempo breve y suficiente que provoca daños irreversibles en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Wahid *et al.*, 2007).

Este tipo de estrés constituye una de las principales fuentes de reducción del rendimiento de maíz en ambientes tropicales, y en caso de evidenciarse las predicciones ante mencionadas también lo será para cultivos que crecen en ambientes templados (Teixeira *et al.*, 2013).

El objetivo de este trabajo fue determinar la frecuencia de días con valores de temperaturas mayores o iguales a 35°C durante el período 1970-2016.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con datos de algunas localidades productoras de maíz: Tandil Aero, Junín, Santa Rosa, Laboulaye Aero, Marcos Juárez Aero, Rosario, Resistencia Aero, San Luis Aero, Orán, Salta Aero, Jujuy Aero del período 1970-2016 y Tucumán Aero de 1981-2015.

La información meteorológica utilizada fue temperatura máxima diaria (TMd), de estaciones pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

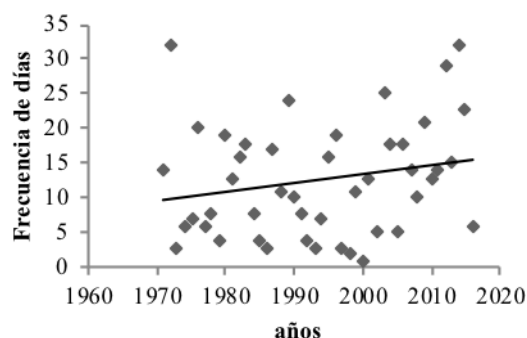
A partir de las TMd se procedió al cálculo de la frecuencia de días con temperaturas mayores o iguales a 35°C, para cada uno de los meses de la serie analizada y el total de los meses de la etapa fenológica: período crítico de fijación de número de granos y llenado de granos. Se analizó desde diciembre a febrero en todas las localidades. Se consideró golpe de calor cuando la temperatura del aire es igual o superior a dicho umbral. Se analizó la evolución temporal del número de días con temperaturas superiores al umbral. Luego se calculó la tendencia de las series y su significancia estadística mediante el test de Mann-Kendall.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

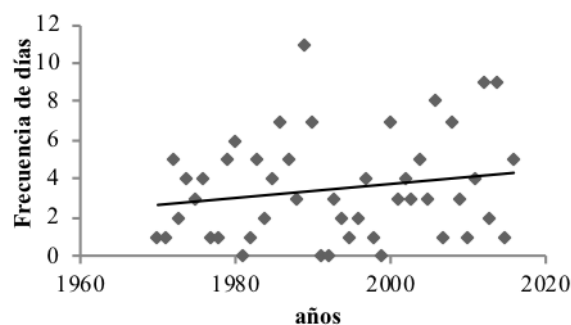
En las estaciones analizadas se observa un aumento en la frecuencia de días con temperaturas superiores al umbral durante el período crítico. Este estrés térmico impactaría negativamente sobre el rendimiento del maíz sobre todo cuando sucede en la etapa más crítica del cultivo, centrada en la floración (Figura 1; Rattalino Edreira, 2013). Marcos Juárez Aero es la única estación que presenta tendencia negativa, y en Junín, San Luis, Laboulaye, Salta y Jujuy no se evidenciaron tendencias.

En la Figura 2 se muestra, a modo de ejemplo, las frecuencias de los golpes de calor para la localidad de Rosario en el mes de enero durante el período examinado. En la mayoría de las localidades del NOA no hay tendencias significativas en la ocurrencia de días con golpe de calor, ello podría deberse a que en verano las temperaturas máximas no son tan elevadas debido a la nubosidad ya que es la época de lluvias, lo que atenuaría el registro de valores extremos.

En la Tabla 1 se muestran algunas localidades, con tendencia positiva y significativa mayor al 99%, por ejemplo, enero en Tucumán. En la mayoría de las estaciones estudiadas registran pendiente positiva de la frecuencia de días con temperaturas superiores al umbral, excepto Marcos Juárez Aero que presenta tendencia negativa



**Figura 1.** Frecuencia de días con golpe de calor durante diciembre - febrero para Santa Rosa.



**Figura 2.** Frecuencia de días con golpe de calor en enero en Rosario

**Tabla 1.** Variación de las frecuencias con temperaturas máximas superiores a 35°C (T35°C) expresada en días/100 años (\* significativo al 95%, \*\* significativo al 99%).

Localidad	Latitud	Longitud	mes	T35°C
Orán Aero	23,1°	64,2°	diciembre	4
			enero	7
			febrero	4
			Meses del período	15
Resistencia Aero	27,3°	59°	diciembre	3
			enero	6
			febrero	6
			Meses del período	23 *
Tucumán Aero	26,5°	65,1°	diciembre	6
			enero	13 **
			febrero	5
			Meses del período	29 *

## CONCLUSIONES

En la mayoría de las estaciones estudiadas hay un incremento en la frecuencia de los eventos cálidos extremos para el maíz denominados golpes de calor en el período 1970-2016.

El mes de enero es el que presentó la tendencia positiva más marcada y estadísticamente significativa pero no en todas las localidades analizadas.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de los ayudantes alumnos Magalí Nicolau y Alejandro Boichetta.

## REFERENCIAS

- FAO,2012. FAOSTAT Crops and livestock trade database [www.faostat.fao.org](http://www.faostat.fao.org).
- IPCC, 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza, 151 pp.
- Mayer, L.I. 2009. El estrés térmico post-floración y sus efectos sobre el peso y la calidad de los granos en maíces de diferente destino de producción. Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires. Argentina
- Rattalino Edrerira, J.I. 2013. Estrés por golpe de calor en maíz: Diferencias en las respuestas ecofisiológicas entre genotipos templados y tropicales. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Tebaldi, C.; Hayhoe, K.; Arblaster, J.; Meehl, G., 2006. Going to the extremes: An intercomparison of model-simulated historical and future changes in extreme events. 2006 Climate Change 79: 185-211.
- Teixeira, E.I.; Fischer, G.; van Velthuisen, H.; Walter, C.; Ewert, F., 2013. Global hot-spots of heat stress on agricultural crops due to climate change. Agric. For. Meteorol. 170, 206–215.
- Wahid A.; Gelani, S.; Ashraf, M.; Foolad, M.R.; Khair, A., 2007. Heat tolerance in plants: An overview. Environ. Exp. Bot. 61, 199-223.

# DEFORESTACION EN EL AMAZONAS Y EL IMPACTO EN LAS PRECIPITACIONES CONTINENTALES

Maio, S.<sup>1</sup>; Lamas, A.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Av. San Martín 4453 - C1417 DSE CABA, Argentina.

\*Contacto: lamas@agro.uba.ar

**Palabras clave:** evapotranspiración; Sudamérica

## INTRODUCCIÓN

La relación de los intercambios entre la superficie de la tierra y la atmósfera muestran la importancia de la vegetación en los regímenes de precipitación. En este trabajo, realizamos el seguimiento de los flujos de vapor de agua a través de la atmósfera para evaluar el efecto de la deforestación sobre las precipitaciones continentales.

En algunas ocasiones se ha considerado la evaporación y evapotranspiración, como neutra y en sistemas productivos como una pérdida de agua (Peden, E., 2007). Sin embargo, el agua evaporada y transpirada por las plantas no desaparece, sino que es transportada a través de la atmósfera como vapor de agua y eventualmente cae como precipitación (Keys *et al.*, 2016).

Partiendo de un modelo hidrológico que permitió seguir el reciclado y la regulación por parte de la cobertura vegetal se modeló en distintos escenarios de cobertura, observando el 25 % de la precipitación media anual sobre la región de América del Sur, tiene como origen la evapotranspiración. Sin embargo, se advierte que hay mucha variabilidad, existen áreas donde casi la mitad de las lluvias son ocasionadas por el transporte de vapor de agua de la vegetación. Poniendo el eje en la zona en estudio, aproximadamente el 65 al 75% de la evapotranspiración ocurrida en la cuenca amazónica se recicla como precipitación sobre el área en eventos niño. Mientras que sólo del 25 al 35% en eventos niña (Lamas y Maio, 2017).

El objetivo de este trabajo es analizar distintos escenarios de deforestación en la selva amazónica, con el consecuente impacto en las precipitaciones sobre el Cono Sur.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron dos modelos, uno el STEAM (Simple Terrestrial Evaporation to Atmosphere Model. (Wang-Erlandsson L. *et al.*, 2014), permite estimar la cantidad de vapor de agua que se incorpora a la atmósfera a partir de la evapotranspiración de la cubierta vegetal. El otro modelo es el Water Accounting Model 2 layers V2.3. (Van der Ent, *et al.*, 2010) con el cual analizamos el retorno de la evapotranspiración en forma de lluvias.

Todos los datos utilizados son mensuales y para una cuadrícula de 1° de latitud por 1° de longitud. Los campos de viento y los datos específicos de humedad se toman del ERA-Interim reanalysis (Dee, D. *et al.*, 2011). Se construyó una grilla utilizando el modelo de seguimiento del vapor de agua en la atmósfera (Van der Ent, *et al.*, 2010). Se usó cuatro simulaciones (Soares-Filho, *et al.*, 2006), 60 %; 80 %; 100 % de deforestación y una situación de cobertura estimada para el año 2050 (Figura 1).

El período considerado para el análisis es 1990-2016. Los datos de precipitación fueron suministrados por el Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), mientras que los de evapotranspiración obtenidos del LandFlux-EVAL (Mueller B. *et al.*, 2013) y corresponden a valores derivados de satélites y modelos de análisis atmosféricos. Los mismos fueron agrupados en cuatro trimestres: junio, julio y agosto (JJA); setiembre, octubre y noviembre (SON); diciembre, enero y febrero (DEF) y marzo, abril y mayo (MAM).

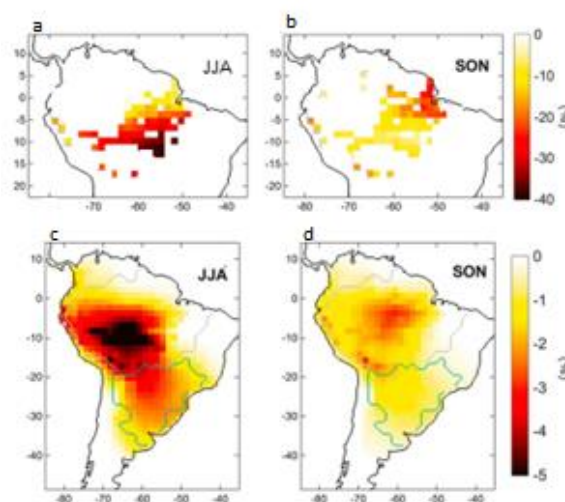
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios en la evapotranspiración estimados en los niveles de deforestación del 60, 80 y 100% se presentan en la Figura 2 (1, 2,3). El modelo arroja una disminución en la evapotranspiración que va del 2% al 27%, respectivamente. Se observa la reducción de las precipitaciones para todos los casos de deforestación.

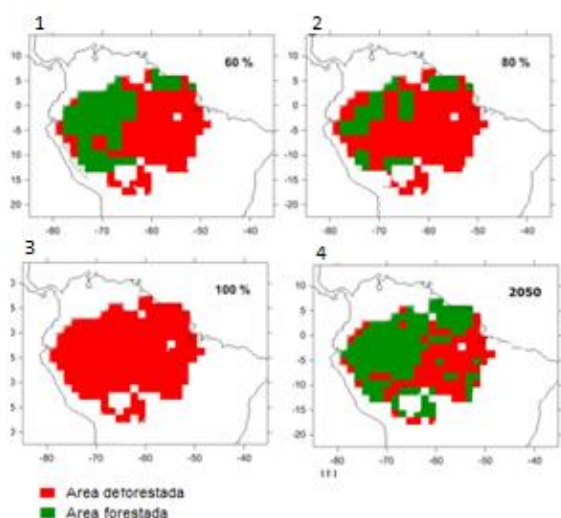
Por encima del 60% (Figura 2. 2 y 2. 3) de la deforestación, la reducción de las precipitaciones en la selva amazónica sudoccidental se vuelve crítica. El trimestre JJA es el que presenta reducciones significativas de las lluvias alcanzando en promedio niveles de un 5 % y con valores extremos de hasta un 15 %, extendiéndose hasta la Región Pampeana, Uruguay y sur de Brasil. En los meses de SON se mantiene la tendencia con valores levemente menores (Figuras 1.d).

Se observa un proceso de retroalimentación en los flujos de vapor de agua que intensifica las lluvias continentales. Este se inicia en el centro del Amazonas y se extiende hasta la Región Pampeana (Figura 1. c). Si bien se intensifica en el trimestre JJA, también se manifiesta en SON. Mientras que en los trimestres DEF y MAM no se han registrado precipitaciones continentales dominantes.





**Figura 1.** Escenarios de precipitación reciclada.



**Figura 2.** Selva Amazónica, Porcentajes de deforestación y Escenario 2050. (adaptado de Nepstad et al., 2008)

## CONCLUSIONES

De la simulación de la deforestación amazónica básicamente sobre los flujos de agua (evapotranspiración, humedad atmosférica) se observa una marcada influencia sobre las precipitaciones. A partir de los resultados obtenidos es de esperar que la región se torne vulnerable a perturbaciones ambientales que podrían desencadenar su degradación influenciando en el régimen de lluvias en el recorrido de los flujos de vapor de agua.

Los escenarios de deforestación probablemente conducirán a menos precipitaciones en la cuenca subtropical de La Plata, el sur de Brasil, Bolivia, norte de Argentina, Paraguay y Uruguay.

## REFERENCIAS

- Dee, D., 2011. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system, *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 137, 553–597.
- Keys P. W.; Wang-Erlandsson L.; Gordon L. J. 2016. Revealing Invisible Water: Moisture Recycling as an Ecosystem Service. *PLoS ONE* 11(3): e0151993.
- Lamas, A.; Maio, S. 2017. Reciclado del vapor de agua en Sud América y su relación con el ENSO. Jornada Interdisciplinaria sobre Cambio Climático “PIUBACC: una década de desafíos. Buenos Aires, noviembre 2017.
- Mueller, B.; Hirschi, M.; Jimenez C.; Ciais, P.; Dirmeyer, A.; Dolman, A.J.; Fisher, J. B.; Jung, M.; Ludwig, F.; Maignan, F.; Miralles, D. G.; McCabe, M.F.; Reichstein, M.; Sheffield, J.; Wang, K.; Wood, E.F.; Zhang, Y. and Seneviratne, S.I. 2013. Benchmark products for land evapotranspiration: LandFlux-EVAL multi-data set synthesis, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 17, 3707–3720.
- Nepstad, D. C.; de Carvalho, C.R.; Davidson, E.A.; Jipp, P.H.; P. A. Lefebvre, G. H. Negreiros, E. D. da Silva, T. A. Stone, S. E. Trumbore, and S. Vieira. 2008. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures, *Nature*, 372, 666–669.
- Peden D.; Tadesse, G.; Misra, A.K. 2007. Water and livestock for human development. In: Molden D, editor. *Water for Food—Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. 1st ed. Earthscan; 2007. p. 485–514
- Soares-Filho, B. S.; Nepstad, D.C.; Curran, L.M.; Cerqueira, G.C.; García, R.A.; Ramos, Voll, E.; McDonald, A.; Lefebvre P. and P. Schlesinger. 2006. Modelling conservation in the Amazon basin, *Nature*, 440, 520–523.
- Van der Ent, R. J.; Savenije, H. H. G.; Schaeffli, B. and S. C. Steele-Dunne. 2010. Origin and fate of atmospheric moisture over continents, *Water Resour. Res.*, 46, W09525.
- Wang-Erlandsson, L., van der Ent R.J.; Savenije, H.H.G.; Gordon L.J. 2014. Contrasting roles of interception and transpiration in the hydrological cycle. Part I: The Simple Terrestrial Evaporation to Atmosphere Model (STEAM). *Earth Syst Dyn.* 2014; 5(2):441–469.

# CARACTERIZACIÓN DEL ITH Y SUS RACHAS EN DOS TAMBOS DE LA CUENCA LECHERA “A” DE LA PROVINCIA DE ENTRE RÍOS

Maltese, N.<sup>1,2,3\*</sup>; Lorenzon, M.M.<sup>1</sup>; Bressan, M.P.<sup>1</sup>; Kemerer, A.<sup>1,2</sup>; Brizuela, A.B.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNER. (3101) Oro Verde, Ruta 11, Km 10,5. Entre Ríos. Argentina.

<sup>2</sup> Investigadores de la EEA INTA Paraná. (3101) Oro Verde, Ruta 11, Km 12,5. Entre Ríos. Argentina.

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

\*Contacto: nicolasmaltese523@gmail.com

**Palabras clave:** temperatura, humedad relativa, estrés calórico

## INTRODUCCIÓN

El impacto de las variables climáticas sobre los sistemas agropecuarios, especialmente los lecheros, tiene efectos sobre la productividad de los animales. Los animales de mayor producción son los más sensibles al estrés ambiental, ya que deprimen el consumo de materia seca y alteran su metabolismo (Collier *et al.*, 2008), disminuyendo la producción de leche. Esta situación podría acentuarse en el escenario actual de calentamiento global con una mayor frecuencia de aparición de eventos extremos, como las olas de calor (IPCC, 2014).

La humedad relativa puede acentuar el efecto que la temperatura ejerce en el ganado vacuno. Una herramienta útil para medir el estrés calórico del ganado en condiciones de pastoreo es el índice de temperatura-humedad (ITH) (Hahn, 1999). Armstrong (1994) identificó como zona de confort valores de ITH inferiores a 71, entre 72 y 79 estrés leve, entre 80 y 89 el estrés es moderado y por encima de 90 estrés severo. Sin embargo, otros autores reportaron umbrales más bajos de ITH (Collier *et al.*, 2011) y variabilidad en la sensibilidad del animal (Hall, 2000). No solamente resulta importante conocer el valor de ITH sino también el intervalo de tiempo o racha durante el cual los animales están expuestos a valores de ITH superiores al umbral. Esta situación es especialmente crítica cuando se presenta una ola de calor, la cual puede definirse como un período anormalmente cálido y usualmente húmedo que se puede prolongar por varios días (Robinson, 2001). Sin embargo, la ocurrencia de una racha puede darse aun cuando no exista un evento de ola de calor. Resulta relevante caracterizar estadísticamente el ITH y sus rachas en cuanto a su intensidad y número durante el periodo estival en Entre Ríos ya que, cuando son prolongadas, disminuye la posibilidad de recuperación nocturna del animal.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar estadísticamente las rachas y los valores de ITH horarios durante el periodo estival de la campaña 2016-2017 en dos tambos de la cuenca lechera “A” de Entre Ríos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos tambos representativos de la cuenca lechera A de la provincia de Entre Ríos localizados en dos escuelas agrotécnicas, Normal Rural Juan Bautista Alberdi UADER de Oro Verde (31°82' S 60°52' W) y la Esc. de Educación Agrotécnica N°39 de Villa Urquiza (31°65' S 60°37' W). En los corrales de espera de cada tambo, los cuales no cuentan con mejoras (media sombra, ventilación/aspersión), se instalaron sensores de temperatura y humedad (Testo 174H). Los registros horarios de temperatura y humedad fueron descargados a partir de Software de PC ComSoft Basic (<https://www.testo.com>). Con los datos de T y HR se calcularon los valores de ITH según la Ecuación (1), considerando el valor umbral de estrés de 72 establecido por Armstrong (1994). Se calcularon las rachas como los intervalos de tiempo en horas en los cuales el ITH alcanzó valores superiores a 72, evaluándose el número y duración de las mismas. Dos intervalos de tiempo consecutivos de ITH superiores a 72 separados entre sí por menos de 5 horas en las cuales se observaron valores de ITH levemente inferiores a 72 se consideraron un intervalo único. Tanto el ITH como las rachas fueron analizados estadísticamente con el software InfoStat (Di Renzo *et al.*, 2011).

$$ITH = (1,8 * Ta + 32) - \left[ \left( 0,55 - 0,55 * \frac{HR}{100} \right) * (1,8 * Ta - 26) \right] \quad (1)$$

dónde,  $Ta$  es la temperatura media horaria y  $HR$  la humedad relativa media horaria.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

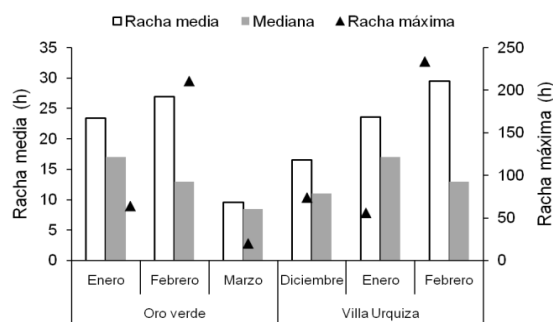
Los meses de enero y febrero presentaron los valores de ITH medio y máximo más elevados en ambas localidades (Tabla 1). La media y mediana de ITH fueron similares en todos los meses en ambos sitios, lo que indica la ausencia de valores extremos. Es importante destacar que excepto en los meses de diciembre y marzo en Villa Urquiza y Oro Verde respectivamente, el ITH medio en el resto de los meses analizados siempre fue mayor al umbral de 72, por lo cual podrían esperarse mermas en el consumo animal y producción individual en vacas de alta producción (Leva *et al.*, 2008). En la Fig.1a se puede observar que en general la duración media de las rachas fue mayor en los meses de enero y febrero en ambas localidades. El valor de la mediana en todos los meses fue menor a los valores medios, indicando la ocurrencia de rachas extremas, donde la máxima supera las 200 h de ITH por encima del umbral, e.g. febrero, con elevado desvío estándar para Oro Verde (Tabla 1). Estos valores medios de rachas calculados a partir de datos de sensores son muy superiores a las 19 h reportados por Kemerer

*et al.* (2016) utilizando estaciones meteorológicas automáticas, lo que podría explicar las diferencias encontradas junto con el efecto año. En enero la mediana y la media de las rachas presentaron valores similares, indicando mayor homogeneidad en la duración de las mismas, comparado con febrero. En todos los meses analizados, exceptuando el mes de febrero, se presentaron rachas con duraciones máximas menores a 100 h, similares a los encontrados por Kemerer *et al.*, (2016). Sin embargo, se observaron rachas medias prolongadas, mayores a 15 h con ITH mayores a 72 en todos los meses analizados excepto marzo, lo cual indica situaciones frecuentes de discomfort animal. Analizando solo los meses más críticos, el número de rachas en el mes de enero fue mayor que en febrero tanto en Villa Urquiza como en Oro Verde (Fig.1b). En consecuencia, enero fue un mes con un elevado número de rachas (Fig.1b) con una duración media menor a 24 h (Fig.1a). Mientras que febrero presentó mayor duración media de rachas dada por algunos eventos extremos, con valores similares entre localidades (Fig.1b). Estos resultados concuerdan con los reportados por Kemerer *et al.*, (2016).

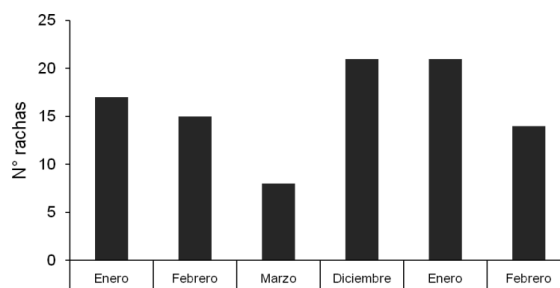
**Tabla 1.** Valores estadísticos descriptivos de ITH registrados a partir de sensores instalados en los dos tambos evaluados.

	Oro verde			Villa Urquiza		
	ene	feb	mar	dic	ene	feb
ITH Medio	74	73	68	72	75	75
ITH Mediana	74	73	68	73	75	74
ITH Máximo	86	87	85	88	90	98
Desvío estándar	17	52	5	7	6	7
n	610	672	468	616	744	672

a)



b)



**Figura 1. a)** Rachas (h) con ITH>72 registradas en los dos tambos evaluados. Las barras blancas y grises corresponden a los valores de racha media y mediana respectivamente (ver eje y primario). Los triángulos llenos corresponden a los valores máximos de racha (ver eje y secundario). **b)** Número de rachas mensuales correspondientes a las dos localidades y meses evaluados.

## CONCLUSIONES

El ITH presentó valores de discomfort animal en todos los meses evaluados. El mes de enero fue el que presentó el mayor número de rachas aunque con duraciones medias inferiores a 1 día, mientras que febrero presentó menor número de rachas pero de mayor duración. En función de los resultados reportados, bajo estas situaciones deberían tomarse medidas de manejo que contribuyan a mitigar el estrés calórico en el rodeo lechero.

## AGRADECIMIENTOS

A las escuelas Normal Rural Juan Bautista Alberdi UADER y la Esc. de Educación Agrotécnica N°39 "Villa Urquiza" por su participación en la ejecución del proyecto Vaca Bacana II: trabajando por el bienestar animal.

## REFERENCIAS

- Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. *J. Dairy Sci.* 77: 2044.
- Collier, R.J.; Collier, J.L., Rhoads, R.P.; Baumgard, L.H. 2008. Invited review: Genes involved in the bovine heat stress response. *Journal of Dairy Science.* 91(2):445–454.
- Collier, R.; Zimbelman, R.; Rhoads, R.; Rhoads, M.; Baumgard, L. 2011. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. In *Western Dairy Management Conf.* Reno, NV. USA (pp. 113-125).
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C. 2011. InfoStat. Córdoba, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar/>
- Hahn, G. L. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science.* 77 suppl (2):10-20.
- Hall, M. 2000. Meet the challenges of heat stress feeding. *Howard's Dairyman.* May. p.344.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the IPCC. *Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (Eds.)*, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Kemerer, A.C.; Maltese, N.; Aguirre, C.; Lissaso, C.; Lopez, G.; Brizuela, A. 2016. Comparación de métodos para pronosticar el índice de temperatura y humedad (ITH) diario en el Dpto Nogoyá, Entre Ríos. *RCA*, 20(1-2): 17-29.
- Leva, P.E.; García, M.S.; Rodríguez, R.O.; Valtorta, S.E. 2008. Olas de calor y entregas diarias de leche en tambos de la cuenca lechera central argentina. *Revista FAVE - Ciencias Agrarias.* 7 (1-2):97-103.
- Robinson, P.J. 2001. On the definition of a heat wave. *J. Appl. Meteor.* 40:762–775.

# VARIBILIDAD DE LA TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN E INDICES DE MONITOREO INTRAESTACIONAL, Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO DEL TRIGO DURANTE LA CAMPAÑA PARA LA REGIÓN CENTRO-ESTE DE ARGENTINA

Marcora, M.G.<sup>1\*</sup>; Godoy, A.A.<sup>1</sup>; Ferreira, L.J.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 1425, Argentina.

\***Contacto:** mmarcora@smn.gov.ar

**Palabras clave:** variabilidad climática, fenología, MJO, SAM, SIS.

## INTRODUCCIÓN

Los forzantes climáticos de escala intraestacional, tales como la Oscilación de Madden-Julian (MJO), la Oscilación Antártica (SAM) y el patrón SIS (Seasonal IntraSeasonal), influyen en el mediano plazo en el comportamiento de la lluvia y la temperatura en el sur de Sudamérica (González *et al.*, 2008 y Álvarez *et al.*, 2016), impactando en el desarrollo de los cultivos de la región. Cuando la SAM es negativa, se favorece el ingreso de sistemas frontales de origen polar, generando condiciones más húmedas en la región central de Argentina. Caso contrario ocurre con los eventos SAM positivos. Los eventos SIS positivos influyen en el centro-este del país y en el Litoral, marcando un escenario de mayores precipitaciones. Un SIS negativo, propicia condiciones más secas en su zona de influencia. El trigo es uno de los principales cultivos sembrados en la región Pampeana de Argentina. Para su desarrollo y crecimiento, son necesarias particulares condiciones de temperatura y humedad, que determinan la ocurrencia y duración de cada etapa fenológica (Soto *et al.*, 2009). En el siguiente trabajo se realizará un análisis de la variabilidad de la lluvia, la temperatura e índices climáticos de escala intraestacional durante la campaña de trigo 2017-2018, y su impacto a nivel regional sobre la evolución del trigo a lo largo de las diferentes etapas fenológicas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis se focalizará en dos regiones de la Argentina: la región norte, que abarca las provincias de Entre Ríos, Santa Fe y Córdoba, y la región sur que incluye a la provincia de Buenos Aires y La Pampa. En base a la información brindada por la Oficina de Riesgo Agropecuario, Ministerio de Agroindustria, se calculó una fecha promedio de cada etapa fenológica del trigo, en cada una de las provincias incluidas en la región Pampeana y se confeccionó un calendario fenológico característico para el cultivo. A cada estadio fenológico se le asignó un valor del 0 al 12 (0= siembra, 1= germinación, 2= emergencia... 11= maduración final, 12= cosecha). Los valores asignados se promediaron por región (norte y sur). Luego, se observó durante toda la campaña de trigo 2017-2018 la fecha promedio en que el cultivo alcanzó cada una de las etapas de su fenología y se le asignó la misma tabla de valores. A la resta entre la etapa fenológica observada y el estadio fenológico promedio estimado por el calendario para cada fecha, se la denominó anomalía de la etapa fenológica, con el objetivo de cuantificar cuán retrasado o adelantado se encuentra el cultivo respecto del calendario fenológico confeccionado.

Se emplearon datos diarios de temperatura (máxima y mínima) y precipitación en las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional en las regiones bajo estudio, y se computaron anomalías mensuales de lluvia (respecto de la media 1961-2016) y promedios móviles de siete días de anomalías diarias de temperatura (respecto de la media 1981-2010). Por otro lado, se obtuvieron los valores de los índices de variabilidad intraestacional: SIS (<http://climar.cima.fcen.uba.ar/Msis.php>), MJO (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>) y SAM (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>). Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre la variabilidad de la temperatura y precipitación, las anomalías de las etapas fenológicas en las dos regiones bajo estudio, y las fases de los índices de monitoreo intraestacional.

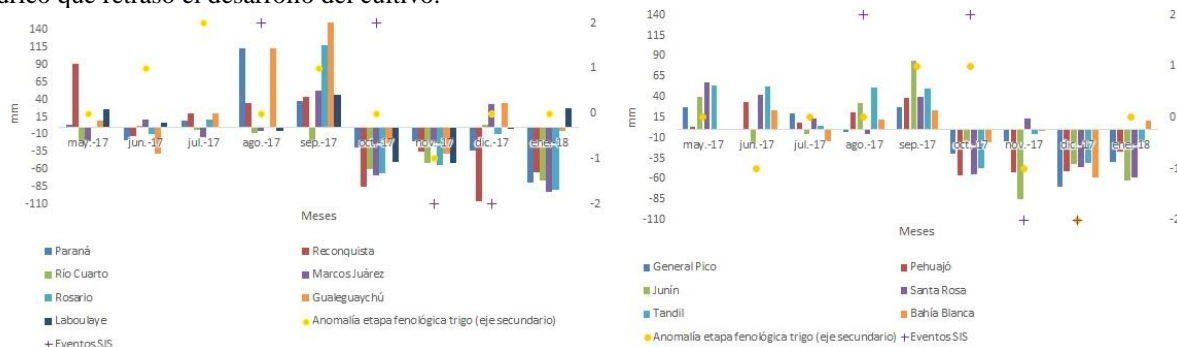
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El patrón SIS mostró un evento positivo en agosto y otro en octubre, y dos eventos negativos entre noviembre y diciembre. El resto de los meses se mantuvo neutral (Figura 1). La SAM se observó mayormente positiva a lo largo de toda la campaña, con un evento negativo en agosto y otro a fines de octubre y principios de noviembre (Figura 2). La MJO permaneció débil o inactiva durante gran parte del período analizado, excepto en octubre, donde presentó mayor señal en los cuadrantes 5 y 6, acentuando las condiciones secas en el trimestre de primavera (no se muestra).

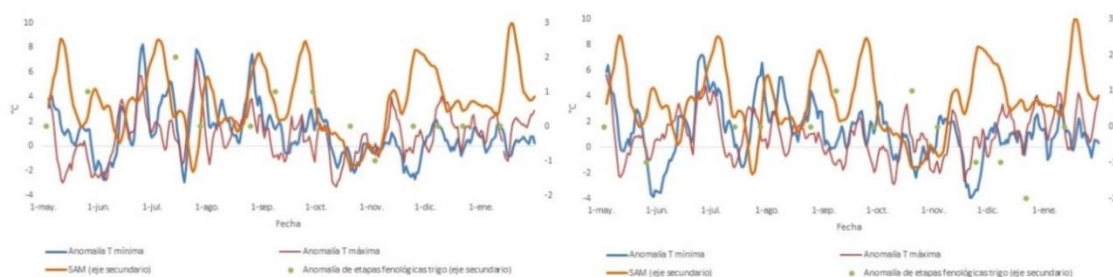
En la región norte, las precipitaciones registradas resultaron levemente superiores al promedio entre mayo y julio (Figura 1). Entre julio y septiembre tanto las temperaturas mínimas como las máximas mostraron un comportamiento mayormente por encima de lo normal (Figura 2 solo se muestran los resultados para Paraná- región norte y Pehuajó- región sur) y las lluvias se observaron muy por encima del promedio en la mayoría de las estaciones monitoreadas en agosto y septiembre (Figura 1). Bajo estas condiciones el trigo se encontró adelantado en su fenología con respecto a lo propuesto por el calendario fenológico. Desde octubre de 2017 hasta enero de

2018 las lluvias fueron muy inferiores al promedio, en coincidencia con dos eventos SIS negativo (Figura 1). Entre noviembre y enero y las temperaturas se observaron muy cercanas a los valores normales (Figura 2). En este contexto el cultivo se vio retrasado en su ciclo en el mes de noviembre, no habiendo iniciado el llenado de los granos (Figuras 1 y 2).

En la región sur, las precipitaciones resultaron, en general, por encima del promedio entre mayo y septiembre, mientras que a partir de octubre la SAM positiva y el SIS negativo favorecieron a los déficits de lluvia (Figura 1 y 2). En cuanto a las temperaturas, las anomalías de las mínimas se mantuvieron prácticamente por encima de lo normal entre julio y octubre (Figura 2). En función del comportamiento de estas variables, el trigo se observó adelantado en su ciclo fenológico en septiembre y octubre, pero luego los déficits de precipitación y el aumento de las temperaturas típicas de finales de primavera e inicio del verano, propiciaron un escenario de estrés térmico e hídrico que retrasó el desarrollo del cultivo.



**Figura 1:** Anomalia mensual de precipitación, anomalia mensual de las etapas fenológicas del trigo en la campaña 2017-2018 (región norte izquierda y región sur derecha) y eventos SIS.



**Figura 2:** Promedio móvil de siete días de la anomalia diaria de temperatura máxima y mínima, anomalia mensual de las etapas fenológicas del trigo para la campaña 2017-2018 (región norte izquierda y región sur derecha) y promedio móvil de siete días de la SAM.

## CONCLUSIONES

Los indicadores de escala intraestacional ejercieron una fuerte influencia en el comportamiento de la lluvia y las temperaturas en la región centro-este de Argentina y, por ende, en la evolución del trigo durante la campaña 2017-2018. En el mes de agosto de 2017, la SAM negativa combinada con un SIS positivo favoreció el desarrollo de lluvias en la región Pampeana. El agua retenida en el suelo y las temperaturas superiores al promedio (en especial las mínimas) contribuyeron con el adelantamiento en el ciclo fenológico del trigo. A partir de octubre, la SAM positiva, el SIS negativo y la activación de la MJO en los cuadrantes 5 y 6, propiciaron condiciones secas, provocando estrés hídrico y térmico durante el llenado de los granos y la maduración.

## REFERENCIAS

- Alvarez, M.; Vera, C.; Kiladis, G.; Liebmann, B. 2014. Intraseasonal Variability in South America during the Cold Season. *Climate Dynamics*, 42, 3253-3269.
- Alvarez, M. S.; Vera, C. S.; Kiladis, G. N.; Liebmann, B. 2016: Influence of the Madden Julian Oscillation on Precipitation and Surface Air Temperature on South America. *Climate Dynamics*. 46(1)
- Castillo F. y Castellví Sentis F. 2001. Nota técnica WMO N° 134. Capítulo 10 Agrometeorología. 2da. Edición. Ediciones Mundin Prensa.
- Castillo, H. G.; Santibáñez, F. Q. 1987. Efecto de la temperatura sobre la fenología del trigo. *Agricul.a Técnica*, Vol 47, N°1.
- Ferreira, L.; Godoy, A.; Aldeco, L.; Marcora G. 2018. Tools used to construct a weekly outlook of high impact meteorological events for the agricultural sector in the center-east of Argentina. En: *WMO Technical Conference on Future Challenges and Opportunities in Agricultural Meteorology*, 16-17 April 2018, Incheon, Republic of Korea.
- González, P. M.; Vera, C.; Liebmann B.; Kiladis, B. 2008: Intraseasonal variability in subtropical South America as depicted by precipitation data. *Clim. Dyn.*, 30, 727-744.
- Silvestri, G. E.; Vera, C. S. 2003. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America, *Geophys.Res. Lett.*, 30(21), 2115, doi:10.1029/2003GL018277.
- Soto, F.; Plana, R.; Naivy Hernández. 2009. Influencia de la temperatura en la duración de las fases fenológicas del trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*) y triticale (*X Triticum secale* Wittmack) y su relación con el rendimiento. *CultivosTropicales*, 2009, vol. 30, no. 3, 32-36.

# DETERMINACIÓN DE LA EROSIDAD DE LAS PRECIPITACIONES EN CUATRO ESTABLECIMIENTOS RURALES UBICADOS EN LA CUENCA ALTA DEL ARROYO DEL AZUL, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Mozo, J.<sup>1\*</sup>; Ares, M.G.<sup>1</sup>; Varni, M.R.<sup>1</sup>; Chagas, C.I.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo J. Usunoff" (UNCPBA-CIC-CONICET-Municipalidad de Azul), República de Italia 780, B7300, Azul, Bs. As., Argentina

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía, UBA, Av. San Martín 4453, C1417DSE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

\*Contacto: jmozo@ihlla.org.ar

**Palabras clave:** erosión hídrica, USLE; factor R

## INTRODUCCIÓN

La estimación de la erosión por precipitación pluvial resulta de especial interés para las ciencias agrícolas, debido a los efectos que puede ocasionar en el suelo y como agente fundamental en el proceso de producción de sedimentos en una cuenca. La predicción de la pérdida de suelos es entonces importante para estimar el riesgo de erosión y para determinar usos y manejos apropiados (Oliveira *et al.*, 2011). Uno de los modelos matemáticos más conocidos para tal fin es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), desarrollada por Wischmeier y Smith (1978), la cual cuantifica la pérdida de suelo por hectárea y por año. Dentro de los factores que componen la USLE, el factor de erosividad de las precipitaciones (factor R) es considerado uno de los más importantes (Orúe *et al.*, 2007). El mismo, define la erosividad de eventos pluviales específicos, con el fin de obtener un valor que pueda considerarse un promedio anual representativo de la agresividad de las precipitaciones. Una limitante de este índice es que se requiere de registros pluviográficos para conocer la intensidad de la lluvia. Esta información es difícil de obtener en muchas partes del mundo, por ser escasa o no estar disponible (Ares *et al.*, 2012). Encontrar una relación estadísticamente significativa entre el factor R y registros diarios de precipitaciones es de gran utilidad ya que se obtiene un parámetro de difícil obtención en función de otros comúnmente disponibles.

El objetivo de este trabajo consistió en estimar la erosividad anual de las precipitaciones (factor R) para cuatro establecimientos rurales (predominantemente agrícolas) ubicados en la cuenca alta del Arroyo del Azul (Buenos Aires), analizar su variación interanual y entre estaciones y posteriormente correlacionar la erosividad con el volumen de precipitación anual.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con datos pluviográficos (registros cada 10 min) de precipitaciones, generados por cuatro estaciones telemétricas situadas en un radio de 30 km dentro de la cuenca alta del arroyo del Azul (La Chiquita, Chillar, Siempre Amigos y Cerro del Águila). Se utilizó la serie de datos disponible, correspondiente a los períodos 2006-2007 y 2011-2017. Para el cálculo del factor R se consideró la suma anual de los valores individuales del producto entre la energía cinética total de una tormenta (E) y su intensidad máxima ocurrida en 30 minutos (I30) (Renard *et al.*, 1997). Asimismo, se tuvo en cuenta la definición de tormenta individual establecida por Wischmeier y Smith (1978), en la cual se define como evento a las lluvias separadas por al menos 6 horas y cuyo volumen supere los 12,7 mm. Se determinó la intensidad de precipitaciones en 30 minutos, así como también su energía cinética según la relación matemática establecida por Wischmeier y Smith (1978):

$$E = 0,119 + 0,0873 \log_{10}(i) \quad (1)$$

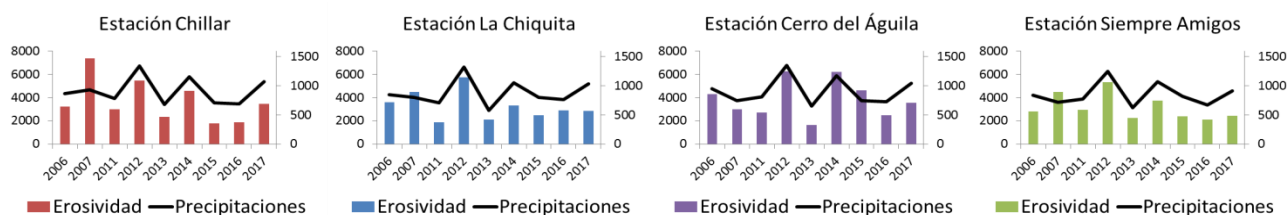
donde E = energía cinética, en MJ ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>, i = intensidad de la lluvia, en mm h<sup>-1</sup>. Se calculó el factor R (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) para cada año de análisis y también el promedio de cada estación. Finalmente se analizaron los coeficientes de variación (CV) de erosividad y precipitaciones totales, interanuales y entre estaciones. Además, se realizó un análisis de correlación entre la erosividad anual de cada estación con sus respectivas precipitaciones anuales. Como la variable erosividad no presentaba una distribución normal (test de Lilliefors, con  $\alpha$ : 0,05), se transformó la variable erosividad mediante logaritmo base 10 y por medio del programa STATISTICA 7 se realizaron las correlaciones de Pearson entre las variables con un nivel de significancia de 0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones anuales de las cuatro estaciones meteorológicas analizadas, muestran CV entre estaciones, para un mismo año, en un rango de 3,60 a 10,01 %. El valor máximo de CV corresponde al año 2007, en el cual la estación de Chillar registró una precipitación un 22 % mayor que el promedio de las otras estaciones. Por otro lado, al analizar la erosividad, los CV entre estaciones son más elevados, 7,12 y 43,91 %, cuyo límite superior es dado por el año 2015. En el establecimiento Cerro del Águila se registró un R 108 % mayor que el promedio de las otras estaciones. Los CV de precipitación interanual, para cada establecimiento, se encuentran entre 23,16 y 26,06 %. Los promedios para el periodo de estudio fueron de 879 mm, 914 mm, 853 mm y 910 mm para los establecimientos La Chiquita, Chillar, Siempre Amigos y Cerro del Águila, respectivamente. La variación interanual de la erosividad mostró valores de CV en el rango de 35,12 a 50,22 % (Figura 1). Los promedios para las



estaciones La Chiquita, Chillar, Siempre Amigos y Cerro del Águila fueron de 3250, 3665, 3154 y 3848 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, respectivamente. Otros autores, entre los que se destacan Rojas y Conde (1985), registraron valores de erosividad de 4060 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para la localidad de Azul, la cual se encuentra cercana al área de estudio. Más recientemente, Donda *et al.* (2018) por medio del índice de Fournier modificado, obtuvieron un valor de 5580 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> para la misma localidad.



**Figura 1.** Erosividad anual (MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y precipitaciones anuales (mm) de cada uno de los establecimientos ubicados en la cuenca alta del arroyo del Azul.

En cuanto al análisis de correlación, para todas las estaciones el coeficiente de correlación entre la erosividad logaritmada y las precipitaciones anuales fue significativo ( $p < 0,05$ ). Ares *et al.* (2012) encontraron ajustes con coeficientes de determinación elevados entre precipitaciones diarias y estacionales con el índice EI30 para la localidad de Azul. Por lo tanto se puede inferir que la erosividad seguirá la misma tendencia que las precipitaciones anuales.

La tabla 1 muestra los mismos parámetros analizados entre las cuatro estaciones de la cuenca.

**Tabla 1.** Valores medios y CV de precipitación y erosividad para cuatro establecimientos de la cuenca alta del Arroyo del Azul.

	Estación			
	La Chiquita	Chillar	Siempre Amigos	Cerro del Águila
Precipitación anual (mm)	910	914	854	880
CV precipitación	26,1	25,2	23,2	25,3
Promedio Erosividad	3250	3665	3155	3848
CV Erosividad	37,4	50,2	35,1	41,9

## CONCLUSIONES

Se ha encontrado una relación significativa entre los valores de erosividad y las precipitaciones normalizadas por medio de una logaritmación de esta última variable, por medio de la correlación de Pearson. Deberían explorarse otro tipo de valoraciones del ajuste entre dos variables, tales como el coeficiente de eficiencia de Nash y Sutcliffe (1970) o el de Willmot (1981). Los CV del factor R son mayores que los CV de las precipitaciones correspondientes (tendientes al doble). Los valores de erosividad encontrados son coherentes con otros encontrados en la bibliografía para localidades cercanas.

## REFERENCIAS

- Ares, M.G.; Varni, M.; Entraigas, I. 2012. Análisis estacional de la erosividad de las precipitaciones y la potencialidad de pérdida de suelo en la localidad de Azul (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Cuadernos del CURIHAM. 18: 015-18.
- Donda, M.; Gvozdenovich, J.; Saluzzio, M.; Barbagelata, P. 2018. Obtención del factor R de la USLE con el índice modificado de Fournier para la región núcleo productiva Argentina. En Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Tucumán, Argentina. Comisión 4: Manejo y conservación de suelos y aguas. Riego y drenaje. C4P41: 190-195.
- Nash, J. E. and Sutcliffe, J. V. 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part I - A discussion of principles, J. Hydrol., 10,282–290.
- Oliveira, P.T.S.; Alves Sobrinho, T.; Rodrigues, D.B.B.; Panachuki, E. 2011. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. Water Resources Management 25, 1021–1036.
- Orúe, ME.; Laterra, P.; Cabria, F. 2007. Expansión de la frontera agrícola en Argentina y erosión hídrica: mapas de riesgo utilizando el modelo USLE con apoyo de SIG. TELEDETECCIÓN Hacia—un mayor entendimiento de la dinámica global y regional. (En línea). Consultado el 22 de Mayo del 2018. Disponible en <http://www.aet.org.es/congresos/xii/arg24.pdf>. 185:192
- Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weesies, G.A.; Mc Cool, D.K.; Yoder, D.C. 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised soil loss equation (RUSLE). USDA Agriculture Handbook No 703. US Government Printing Office, Washington DC, USA. 384 pp.
- Rojas, A.E.; Conde, A.A. 1985. Estimación del factor “R” de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos para el centro-este de la República Argentina. Ciencia del Suelo. 3, 85-94.
- Willmot, C. J. 1981. On the validation of models, Physical Geography, 2, 184–194.
- Wischmeier, W.H.; Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses- a guide to conservation planning. Agriculture Handbook No 537. USDA. Washington DC, USA. 58 pp.

# UNA EVALUACIÓN DE ITH MODIFICADO POR VIENTO Y RADIACIÓN EN COSTA GRANDE, ENTRE RÍOS, ARGENTINA

Rondán, G.A.<sup>1,2\*</sup>; Michelin, C.I.<sup>2</sup>; Brizuela, A.B.<sup>1,2</sup>; Maltese, N.<sup>1,2</sup>; Kemerer, A.<sup>2,3</sup>; Aguirre, C.<sup>1,2</sup>.

<sup>1</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); <sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Entre Ríos; <sup>3</sup> Instituto nacional de Tecnología Agropecuaria.

\*Contacto: grondan035.gr@gmail.com

**Palabras clave:** estrés calórico; ganado lechero; índices

## INTRODUCCIÓN

En sistemas semi-pastoriles de producción lechera como los de Entre Ríos, la productividad de los animales se ve afectada directa e indirectamente por las condiciones ambientales. La temperatura, humedad del aire, la radiación solar, el viento, la presión y la precipitación tienen un efecto directo sobre los animales, determinando su nivel de confort (Saravia y Cruz 2003). El efecto combinado de elevadas temperaturas, humedad relativa y radiación solar, dependiendo de su intensidad, duración y tiempo generan condiciones de discomfort animal, pudiendo afectar la producción individual por vaca (Gallardo y Valtorta, 2011). A su vez, el viento podría contribuir a mejorar el confort animal bajo situaciones estresantes como las mencionadas anteriormente.

Se han reportado diversos índices que permiten cuantificar el estrés de los animales, definir umbrales y contar con herramientas de manejo para el rodeo lechero. Entre ellos, el más utilizado en nuestra región es el índice de temperatura y humedad (ITH) desarrollado por Thom (1959) y modificado por Valtorta y Gallardo (1996). Sin embargo, el ITH no contempla otros factores como el viento y la radiación que también juegan un papel importante en la determinación del nivel de estrés del animal. Al respecto, Mader *et al.*, (2005; 2006) reportaron un ITH ajustado por velocidad de viento y radiación solar (ITHvr), el cual permitió reflejar mejor los eventos de discomfort animal en ambientes característicos de EEUU. Teniendo en cuenta que el estrés calórico afecta la producción, resulta relevante poder evaluar la performance del ITHvr en ambientes característicos de la cuenca lechera A de Entre Ríos y su posible aplicación en nuestros sistemas productivos.

Trabajos recientes mostraron que las condiciones de estrés calórico, en el área de estudio, son muy importantes en frecuencia y duración (López *et al.*, 2015) y dieron lugar a un sistema de pronóstico a 4 días (Kemerer *et al.*, 2017) dirigido a los productores de la cuenca lechera A, comprendida por los departamentos Paraná, Nogoyá, Diamante, Victoria y La Paz.

El objetivo del presente trabajo fue analizar el comportamiento del ITHvr, mensual y horario, en el periodo diciembre-febrero de las campañas 2015/2016 y 2016/2017 y la diferencia con el ITH para una localidad de Entre Ríos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área en estudio corresponde a un sector de los Dptos. Diamante y Paraná, provincia de Entre Ríos, siendo la localidad de Costa Grande (32°09'S; 60°31'O) representativa de la zona.

Se obtuvieron los datos horarios de temperatura del aire (T)[°C], humedad relativa (HR)[%], velocidad del viento (VV)[m/s] y radiación solar (RS)[W/m<sup>2</sup>] de la estación meteorológica automática instalada en dicha localidad. Con estas variables meteorológicas registradas se calcularon los índices ITH (Ecuación 1, Valtorta y Gallardo, 1996) e ITHvr (Ecuación 2, Mader *et al.*, 2006).

$$ITH = (1,8 \times T + 32) - \left(0,55 - 0,55 \times \left(\frac{HR}{100}\right)\right) \times (1,8 \times T - 26) \quad (1)$$

$$ITHvr = 4,51 + ITH_o - (1,992 \times VV) + (0,0068 \times RS) \quad (2)$$

Donde ITH<sub>o</sub> es una variable de la ecuación 2, estimada a partir de la ecuación 3.

$$ITH_o = (0,8 \times T) + \left(\frac{HR}{100}\right) \times (T - 14,4) + 46,4 \quad (3)$$

Se calcularon los estadísticos descriptivos del índice ITHvr, para los tres meses, discriminando si son registros de 'día' (RS ≥ 1 W/m<sup>2</sup>) o 'noche' (RS < 1 W/m<sup>2</sup>). Además, se calcularon las medidas estadísticas de la diferencia ITHvr - ITH sobre la base de subgrupos por mes y hora del día. Se consideró el valor de ITHvr = 72 como umbral crítico de estrés.

Se obtuvieron gráficos de dispersión de los valores horarios de ITHvr vs. ITH y se determinó la asociación lineal entre los mismos.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento mensual del ITHvr (Tabla 1) muestra que el ITHvr promedio supera el umbral de estrés en los tres meses. Este esquema se reitera para el valor medio que corresponde a 'día' y se destaca que en febrero el ITHvr día es 80.1. Durante la noche no se observa similar apartamiento del umbral seguramente porque la ausencia de radiación favorece condiciones menos estresantes.

De la diferencia de los índices (Tabla 2) surge que, para el periodo de estudio, tanto la mediana como la media de la diferencia alcanzan los valores más altos en febrero (3.45 y 4 respectivamente). Esto indica que en febrero el ITHvr supera en 4 puntos o más al ITH en el 50% de los casos.

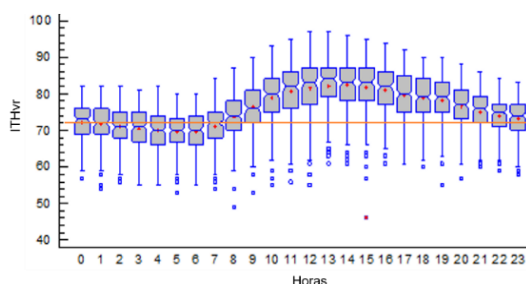
**Tabla 1.** Resumen estadístico de ITHvr de Costa Grande.

Estadísticos/mes	ITHvr			ITHvr Día			ITHvr Noche		
	dic	ene	feb	dic	ene	feb	dic	ene	feb
Recuento	1488	1488	1368	899	916	769	589	572	599
Media	73,8	76,8	77	76,2	79,1	80,1	70,2	73,1	73,1
Desviación Estándar	7,6	6,7	8,2	7,6	6,7	8,2	5,9	4,9	6,1
Mínimo	46	57	49	46	57	55	53	58	49
Máximo	94	94	97	94	94	97	88	85	86
Rango	48	37	48	48	37	42	35	27	37

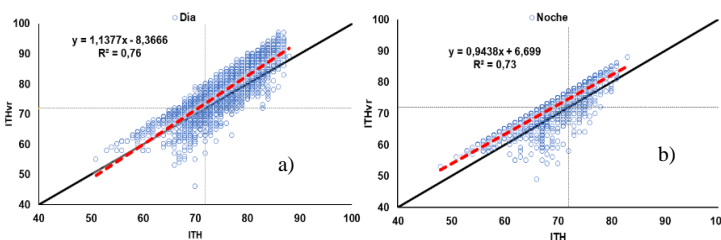
**Tabla 2.** Estadísticas de la diferencia ITHvr-ITH para Costa Grande.

Estadísticos / mes	dic	ene	feb
n	1473	1479	1359
Media	1.8	2.4	3.5
Mediana	2.0	3.0	4.0
Desviación Estándar	3.5	3.1	3.1
Mínimo	-9.0	-9.0	-9.0
Máximo	10.0	10.0	11.0

El análisis de ITHvr horario para todos los meses (Figura 1) confirma que, desde las 8 h hasta las 23 h del día, se supera el umbral de 72 con una alta frecuencia y, en mayor medida, desde las 11h hasta las 17h. Por otro lado, se advierte que durante la noche las posibilidades de recuperación pueden ser escasas. Podemos observar que, durante el día, en situaciones de desconfort el ITH tiende a subestimar su valor respecto al ITHvr mientras que por debajo del umbral la situación se invierte (Figura 2.a.), por la noche (Figura 2.b.) el comportamiento es similar para todo el rango analizado ubicándose por encima de la relación 1:1.



**Figura 2.** Box Plot ITHvr según hora del día para los meses dic, ene y feb (campanas 2015/2016-2016/2017).



**Figura 1.** Asociación entre ITH e ITHvs diferenciado en a) día y b) noche. Se indica en línea punteada el umbral de 72 para ITH.

## CONCLUSIONES

El análisis del ITHvr –ajustado por viento y radiación– permitió confirmar que en febrero se presentan las condiciones ambientales de estrés más desfavorables y que en diciembre y enero no son significativamente diferentes. Por otro lado, se evidencia que durante el día el valor de ITHvr supera el umbral en mayor proporción que durante la noche. Ambos resultados son de interés para promover prácticas de manejo de rodeos que tiendan a evitar el efecto del estrés en la producción.

## REFERENCIAS

- Gallardo, M.; Valtorta S. 2011. Producción y bienestar animal: estrés por calor en ganado lechero: impactos y mitigación. Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 128 p.
- Kemerer, A.; Rondán, G.; Brizuela, A.; López, G.; Michelin, C.I.; Madikian, F. 2017. Verificación de pronóstico de ITH horario en cuatro localidades de Entre Ríos, Argentina. VII Simposio Internacional de Climatología. Petrópolis, R.J., Brasil.
- López, G.; Brizuela, A.; Rondán, G.; Lissaso, C.; Kemerer, K.; de los Santos, M. 2015. Determinación del índice de temperatura y humedad (ITH) como indicador de estrés calórico, para vacas lecheras del departamento Nogoyá, Entre Ríos. IX Reunión de Comunicaciones Científicas y VII Reunión de Extensión de la FCA-UNER. Oro Verde, Entre Ríos, Argentina.
- Mader, Terry & S Davis, M & Gaughan, J. 2005. Adjustments for Wind Speed and Solar Radiation to the Temperature-Humidity Index. 16th Conference on Biometeorology and Aerobiology.
- Mader, T.L.; Davis, M.S.; Brown-Bland, T.M. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. J. Animal Science 84, 712-719.
- Saravia, C y Cruz, G. 2003. Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Uruguay, Fac. Agr. Nota Técnica Nº 50. 2003 36p.
- Thom, E.C. 1959. The discomfort index. Weatherwise 12, 57-59.
- Valtorta, S.; Gallardo, M. 1996. El estrés por calor en producción lechera. En INTA. Misceláneas. 81:173-185.

# COMPORTAMIENTO INGESTIVO DE AGUA EN VACAS LECHERAS (DATOS PRELIMINARES)

Toffoli, G.D.<sup>1</sup>; Leva, P.E.<sup>1</sup>; Ghiano, J.<sup>2</sup>; Millapán, L.<sup>3</sup>; Taverna, M.<sup>2</sup>; Coronel, V.<sup>1</sup>; Nuñez, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias. RP Kreder 2080. 3080 Esperanza Argentina

<sup>2</sup> INTA EEA Rafaela, Rafaela, Santa Fe, Argentina. Ruta 34, km 227 Argentina

<sup>3</sup> FAUBA, - Buenos Aires – Argentina, Av. San Martín 4453 - C1417DSE Argentina

**Contacto:** pleva@fca.unl.edu.ar

**Palabras clave:** temperatura y humedad; consumo diario; época estival.

## INTRODUCCIÓN

El agua es considerada el más importante nutriente para la salud y para el desempeño del ganado lechero y la privación de agua afecta la salud, el comportamiento y el rendimiento de animales, ya que la leche es 87% agua (Cardot *et al.*, 2008). La baja ingesta de agua aumenta el hematocrito y la urea en sangre, reduce la frecuencia respiratoria y la producción de leche y ocasiona contracciones del rumen (Valtorta *et al.*, 2005), y provoca comportamiento agresivo alrededor de los bebederos. Desafortunadamente, la ingesta de agua de las vacas lecheras rara vez se considera un posible factor limitante para la producción de leche en los tambos. A pesar de la atención prestada a otros nutrientes, la cantidad y la calidad del agua no son suficientemente consideradas. Cuando se habla de mejorar la producción de leche, en general todo se centra en optimizar la alimentación para suplir los altos requerimientos energéticos de la vaca en lactancia. Existen muy pocos estudios sobre el comportamiento ingestivo de agua para el ganado lechero. Se sabe que las vacas lecheras requieren grandes cantidades de agua, pero poco se conoce sobre con qué frecuencia y cuando beben. Varios factores afectan la ingesta de agua; entre los citados con más frecuencia se encuentran el rendimiento lechero (Meyer *et al.*, 2004), el consumo total de materia seca (Dado and Allen, 1994), las condiciones climáticas (Meyer *et al.*, 2004), entre otros.

El objetivo de este trabajo es evaluar el comportamiento ingestivo de agua en sistema de ordeño voluntario en vacas con dieta parcialmente mezclada durante la época estival.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el tambo robotizado de INTA Rafaela, en el verano de 2018, con 55 vacas lecheras, Holando Argentino, cuya producción de leche promedio diaria es de unos  $30 \pm 9$  l y con  $139 \pm 60$  días en lactancia. Los animales accedían al patio de alimentación, provisto de una estructura de media sombra de 4 m<sup>2</sup> por animal y sistema de refrigeración BCS DeLaval®, desde las 08:00 hs. hasta las 22:00 hs. Desde las 22:00 hs. y hasta las 07:00 hs del día siguiente, se les permitió el acceso a dos franjas de pastoreo. La entrega de alimento con el mixer se efectuó una vez al día a las 7:30 hs. El sistema presenta los bebederos ubicados en la zona de acceso al robot y en el corral de espera. Se realizaron observaciones de comportamiento ingestivo de agua una vez por semana durante 24 hs en forma continua. Por razones operativas los registros se centraron durante el mes de febrero. El registro de la conducta beber comprendía: la “visita” el momento en que el animal se encuentra en el bebedero, tomando o no agua; la acción de “beber” en donde el animal introduce el hocico en el bebedero. Se consideraron dos conductas de beber separadas cuando el animal permanecía en el sitio de bebedero por lo menos más de 4 minutos sin beber (Dado and Allen, 1994). Además para el estudio de la conducta “beber” se dividió el día en cuatro momentos: 1) desde la 06:30 hs. hasta las 11:30 hs. donde en los tambos robotizados (VMS) son los momentos del día que más visitas al tambo se observa 2) desde las 12:30 hs. hasta las 16:30 hs. donde en estas horas se alcanzan las temperaturas máximas diarias, 3) periodo intermedio hasta que se les permite la salida a la pastura y 4) periodo nocturno desde 22:00 hs. donde se les habilita la salida a la pastura, hasta 05:30 hs.

La información meteorológica fue suministrada por la estación agrometeorológica del INTA Rafaela. Con los datos horarios de temperatura del aire y la humedad relativa se determinaron los ITH horarios y luego los diarios. Se utilizó la siguiente fórmula de Thom (1959):

$$ITH = (1,8 * t_a + 32) - (0,55 - 0,55 * hr) * (1,8 * t_a - 26)$$
 Dónde:  $t_a$ : temperatura del aire;  $hr$ : humedad relativa al tanto por uno.

Los datos de comportamiento fueron analizados mediante ANOVA ajustado a un modelo de diseño de parcelas divididas con mediciones repetidas en el tiempo y también se confeccionaron tablas de contingencias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

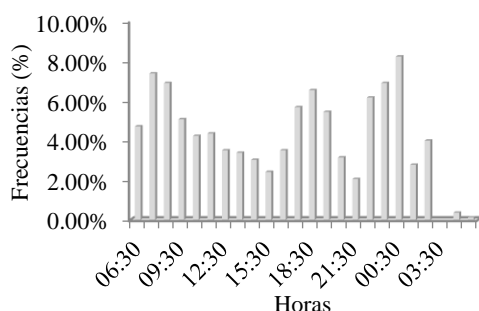
En la Tabla 1 se presentan los datos meteorológicos promedios para los días de observación. Los ITH definidos como umbral de confort y desconfort fue de 69 para vacas de alta producción (Zimbelman *et al.*, 2009).

**Tabla 1:** Promedios y desvíos de las temperaturas diarias (Ta), humedad relativa (HR), índice de temperatura y humedad (ITH) y horas de estrés desde 6:30 hs. de un día a las 5:30 hs. del día siguiente.

Fecha	Ta (°C)	HR (%)	ITH	Horas ITH>69
12-13/02/2018	19,8±4,5	64,4±22,7	65,4±5,9	6
20-21/02/2018	23,5±6,0	59±31,4	69,4±5,8	13
01-02/03/2018	27,4±5,8	56,3±24,4	74,3±5,8	16

Realizado el análisis estadístico, se observó que la conducta beber no estuvo afectado por el día ( $p=0,2587$ ), pero si por el momento del día ( $p=0,0181$ ). Los momentos picos de beber se registraron durante la mañana desde las 6:30-11:30 hs con el 32,6 %, y luego desde las 12:30 -16:30 hs con el 15,6 %, coincidiendo este período del día con el registro de las temperaturas máxima diaria. En el período comprendido entre las 17:30 ya las 22:30 hs se alcanzó 29,6 % y durante la noche se registró el 22% (Figura 1). Otros investigadores (Sowell *et al.*, 1999; Osborne *et al.*, 2002) evaluando la conducta “beber” en vacas estabuladas pero sin VMS, informaron que la mayor frecuencia de beber, se presenta en los horarios de 06:00-18:59 hs Osborne *et al.*, (2002) registraron el 25 % de conducta beber durante la noche. Cardot *et al.*, (2008) también encontraron una disminución en la conducta beber entre las 14:00 y 16:00 hs. Estos resultados son similares a los presentados en este estudio. También se observan otros picos de la conducta “beber” a las 22:30 y a las 00:30 hs. (Figura 1).

El día 12/02/2018 y 20/02/2018 la mayor frecuencia a los bebederos se registró en el período comprendido entre las 6:30 y 11:30 hs. con un porcentaje de 37,9 % y 33,4 % respectivamente. El día 01/03/2018 los momentos de mayor frecuencia de conducta beber se registró durante la noche (22:30 - 5:30 hs.) de 41 % y el de menor frecuencia se registró entre las 11:30 -16:30 hs con solo 6,32 %. El tercer día de observación fue el que presentó mayor números de horas de ITH>69, (tabla 1). En este estudio no se encontró relación entre la conducta “beber” y el ITH. Esto puede ser debido a las modificaciones para favorecer el confort tanto en los comederos como en el corral de espera y en el área de descanso.



**Figura 1:** Frecuencia de conducta beber horaria en vacas lecheras durante los días de observación el mes de febrero.

## CONCLUSIONES

Los resultados muy preliminares estarían indicando que la conducta beber está afectado por la conducta del día. Y por otro lado no se encontró relación entre la conducta beber y el índice de temperatura humedad.

## REFERENCIAS

- Cardot, V.; Le Roux, Y.; Jurjanz, S. 2008. Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their Water Intake. *J. Dairy Sci.* 91:2257
- Dado, R. G.; and Allen, M. S. 1994. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:132–144.
- Meyer, U.; Everinghoff, M.; Gadeken, D.; and Flachowsky, G. 2004. Investigations on the water intake of lactating dairy cows. *Livest. Prod. Sci.* 90:117–121.
- Osborne, V. R.; Hacker, R. R.; and Mc Bride, B. W. 2002. Effects of heated drinking water on the production responses of lactating Holstein and Jersey cows. *Can. J. Anim. Sci.* 82:267–273.
- Sowell, B. F.; Branine, M. E.; Bowman, J. G.; Hubbert, M. E.; Sherwood, H. E.; and Quimby, W. 1999. Feeding and watering behavior of healthy and morbid steers in a commercial feedlot. *J. Anim. Sci.* 77:1105–1112.
- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12: 57-59
- Valtorta, S. E.; Gallardo, M. R.; Leva, P. E.; Conti, G. A.; Gregoret, R. F. 2005. Adaptive responses and alleviation of heat stress in grazing dairy cattle. *Deutscher Wetterdienst – Annalen der Meteorologie* 41(1): 132-135 ISSN 1812-7053
- Zimelman, R. B.; Rhoads, R. P.; Rhoads, M. L.; Duff, G. C.; Baumguard, L. H.; and Collier, R. J. 2009. A re-evaluation of the impact of temperature humidity index (THI) and black globe temperatura humidity index (BGHI) on milk production in high producing dairy cows. *Proceedings of the 24th Southwest Nutrition and Management conference*, Tempe, AZ. pp. 158-168.

# GANADO LECHERO EN LA PROVINCIA DE SANTA FE: EFECTO DEL ESTRÉS CALÓRICO E IMPACTO ESPERADO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Toffoli, G.D.<sup>1\*</sup>; Leva, P.E.<sup>1</sup>; García, M.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, R. Kreder 2805 Esperanza, 3080, Argentina

\*Contacto: gtoffoli@fca.unl.edu.ar

**Palabras clave:** disminución producción lechera; índice de temperatura y humedad

## INTRODUCCIÓN

El calor tiene efectos adversos sobre la producción de leche y la reproducción sobre todo en los animales de mayor potencial productivo (West, 2003). El estrés calórico se produce cuando en un área geográfica existe un ambiente térmico predominante caracterizado por el valor de la temperatura modificado por efecto de la humedad relativa, velocidad del viento y radiación solar (Johnson, 1987a). La integración de todas las características del ambiente térmico se puede expresar en forma de “Temperatura Ambiente Efectiva” o TAE (National Research Council, 1996), cuyo valor es un índice el cual permite evaluar el impacto de aquel sobre los animales. La cuantificación de la TAE es difícil. Sin embargo, existe un índice, que es muy utilizado, para evaluar el estrés que es el “Índice Temperatura-Humedad” (ITH) (Johnson, 1987a) que únicamente tiene en cuenta el efecto combinado de la temperatura y la humedad. Cuando el ITH supera el valor de 72 se ven afectados los parámetros fisiológicos y productivos de las vacas especialmente cuando se trata de animales de alta producción (Valtorta y Leva, 1998). En nuestro país los rodeos de los tambos están conformados con animales de raza Holando Argentino. El ambiente óptimo para este ganado es aquel que presenta una temperatura entre 13 y 18 °C, humedad de 60-70 %, velocidad del viento de 5 a 8 km/h y radiación solar superior a los 750 ly/día (Mc Dowell, 1972). Durante la época estival, las condiciones de las áreas lecheras argentinas no se encuentran dentro del rango óptimo de temperatura y humedad, aun en las localidades de clima más benigno. Esta situación se verá agravada como consecuencia del calentamiento global, producto del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero. Existen diferentes modelos que nos permiten predecir los escenarios futuros.

El objetivo del presente trabajo es determinar la disminución de producción lechera actual y la disminución lechera esperada por el impacto del calentamiento global.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el cálculo del ITH medio mensual se utilizó la información meteorológica de temperatura media mensual y humedad media mensual de 21 estaciones, comprendidas entre 27,3° y 34,6° latitud sur y longitud 58,1° y 64,2° longitud oeste para el mes de enero. La información fue obtenida del SMN. El período analizado fue 1981-2010. El ITH fue estimado según la siguiente expresión (Thom, 1959):

$$ITH = 1,8 * tm + 32 - (0,55 - 0,55 * hr) * (1,8 * tm - 26)$$

Dónde: tm: temperatura media mensual (°C), hr: humedad relativa mensual, en base decimal.

Una vez calculados los ITH se procedió a estimar la disminución de la producción lechera (DPL) en kg/mes/vaca, aplicando al formula de Berry *et al.*, (1964) adaptada a ganado de origen europeo:

$$DPL = -1,075 - 1,736 * NN + 0,0247 * NN * ITH$$

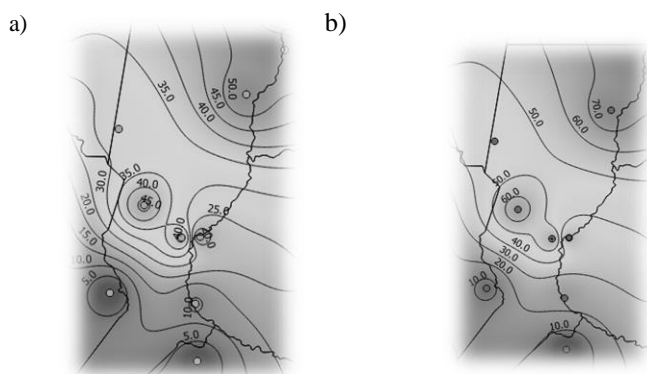
Dónde: DPL es disminución de la producción lechera, NN es nivel de producción y ITH índice de temperatura y humedad. Se utilizaron dos niveles de producción.

Con los valores medios mensuales de ITH se determinó la DPL para 2 niveles de producción (20 y 25 kg/día), con ITH superior a 72. La variabilidad regional del DPL fue analizada usando un mapa de isolíneas. Para el trazado de las isolíneas de DPL se utilizó el programa QGIS versión 2.18.20 (Qgis, 2018).

Se recalcularon los ITH y luego la DPL con los aumentos de temperatura media mensual esperada para el año 2020, según lo publicado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (Taylor *et al.*, 2012). El escenario escogido fue el Representative Concentration Pathways (RCP) 4,5. Luego se confeccionaron nuevamente los mapas de variabilidad de DPL con el QGIS versión 2.18.20.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

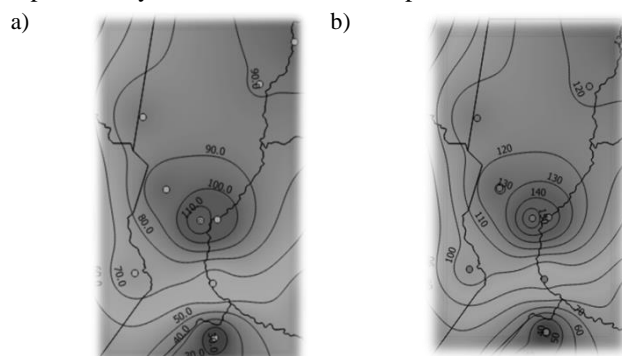
Los valores actuales de ITH para la provincia de Santa Fe, están comprendidos para el mes de enero entre 76 en la zona norte y 73 en la zona sur. En la Figura 1 a y b se presentan las DPL para la región en estudio para animales de 20 y 25 kg/día/vaca de producción. Para un nivel de 20 kg/día de producción el DPL fue de 5 kg/mes/vaca para la región sur llegando a 55 Kg/mes/vaca en la parte norte. Pero en el caso de vacas de más alta producción, se observa que la DPL fluctúa entre de 10 kg/mes/vaca para la zona sur a 70 kg/mes/vaca par la zona norte.



**Figura 1:** Disminución de la producción lechera actual (kg/mes/vaca) estimada el mes de enero para dos (2) niveles de producción: a) 20 kg/día/vaca y b) 25 kg/día/vaca

La actual DPL, considerando vacas de mayor nivel de producción, representa una pérdida máxima de 10 % y 3 % para el norte y el sur respectivamente, durante el mes más cálido.

Cuando se considera los escenarios futuros RCP 4,5 (Taylor *et al.*, 2012) los ITH fueron desde 80,3 en la zonas más cálidas y de 76,8 en la zona más benignas de la provincia. La DPL para los dos niveles considerados se presentan en las figura 2 a y b. De producirse este aumento de temperatura la DPL sería de 20 % en zonas central de la provincia y de 10 % en la zona sur para los animales de mayor nivel.



**Figura 2:** Disminución de la producción leche futura (kg/mes/vaca) estimada el mes de enero para dos (2) niveles de producción: a) 20 kg/día/vaca y b) 25 kg/día/vaca

## CONCLUSIONES

Las condiciones actuales para el mes de enero determinan situaciones de poco confort térmico para el ganado de origen europeo, no permitiendo que estos animales expresen su potencial genético. De presentarse el aumento de temperatura para el mes de enero, estimado para la región en un escenario cercano, 2020, las condiciones serían aún más estresantes obligando a los productores a implementar medidas de adaptación, y en un más largo plazo incorporar razas más tolerantes al calor.

## REFERENCIAS

- Berry, I. L.; Shanklin, M. D.; Johnson, H. D. 1964. Dairy Shelter design based on milk production decline as affected by temperature and humidity. Trans. Amer. Soc. Agric. Eng. 7: 329-331
- Johnson, H. D. Bioclimates and livestock. In: H.D. Johnson (ed.) Bioclimatology and the adaptation of livestock. St. Louis MO: Elsevier, 1987a. P. 3-15
- Mc Dowel, R. E. 1972. Improvement of livestock production in warm climates. WH Freeman & Co. San Francisco, USA
- National Research Council. Nutrient requirements of beef cattle: seventh revised edition 1996: update 2000. Washington, DC: National Academy Press, 2000. 234 P.
- QGIS Development Team. QGIS 2.18.20 Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2018 URL: <http://www.qgis.org/>
- SMN, 2018. Estadísticas 1981-2010 <https://www.smn.gob.ar/descarga-de-datos>. Visitado 04-05-2018
- Taylor, K.; Stouffer, R. J.; Meehl, G. A. 2012. An Overview of CMIP5 and the Experiment Design. Bull. Amer. Meteor. Soc., 93, 485-498, doi: 10.1175/BAMS-D-11-00094.1.
- Thom, E. C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise* 12: 57-59
- Valtorta, S. E.; Leva, P. E. 1998. Características del ambiente físico. En: Producción de leche en verano. Ediciones UNL, Santa Fe pp 9-20.
- West, J. W. 2003. Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J Dairy Sci 86, 2131-2144.

## **AREA TEMÁTICA 2**

**Micrometeorología y Relaciones Suelo-Planta-Atmósfera**



# NITROUS OXIDE EMISSIONS AS AFFECTED BY BASE DESIGN FOR NON-STEADY STATE CHAMBER METHODOLOGY. PRELIMINARY RESULTS

Cambareri, G.<sup>1\*</sup>; Venterea, R.<sup>2,4</sup>; Spokas, K.<sup>2,4</sup>; Cambareri, M.A.<sup>1</sup>; Posse, G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Unidad Integrada Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce – Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata. Ruta Nac. 226 Km 73.5, Balcarce, Buenos Aires, Argentina;

<sup>2</sup>U.S. Dept. of Agriculture – Agricultural Research Service, Soil & Water Management Res. Unit, St. Paul, Minnesota USA;

<sup>3</sup> Instituto de Clima y Agua, INTA, Nicolas Repetto y de los Reseros s/n, Hurlingham, Buenos Aires;

<sup>4</sup>Department of Soil, Water and Climate, University of Minnesota. 1991 Upper Bufford Circle, St. Paul, Minnesota, USA

\*Corresponding author: cambareri.gustavo@inta.gob.ar

Keywords: N<sub>2</sub>O emissions measurements; standard base; perforated base

## INTRODUCTION

The studies to estimate N<sub>2</sub>O often have a certain degree of uncertainty due to the episodic nature of emissions and to its high variability at the macro- and micro-scale (Chadwick et al., 2014). In addition, most studies use non-steady state (NSS) chambers deployed in relatively small areas, with sampling protocols that modify soil natural biophysical conditions, and in turn, can create biases in soil gases emissions. Both NSS chamber components (collar and lid) contribute to the “chamber” effect negatively biasing N<sub>2</sub>O emissions (Venterea and Parkin, 2012). The main goal of this study was to evaluate the effect of the collar design used during gas sampling on N<sub>2</sub>O emissions, which has yet to be systematically investigated.

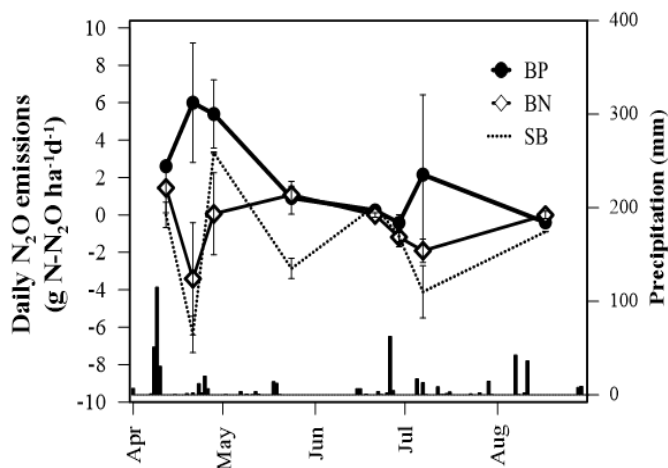
## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted at UIB (INTA Balcarce Research Station – College of Agricultural Sciences ; 37°45'S, 58° 18'W), where gas sampling with NSS chambers was performed on a bare Mollisol soil (5.2 ± 0.2 % OM, 3 ± 0.15 % Total C, 0.23 ± 0.013 % N total and pH = 7.3). Steel bases (10 cm height, 35 cm length, 24 cm width) were installed at 8-cm depth, six days before starting with the gas sampling. Different base designs to be evaluated were: (i) standard base without perforations (BN), (ii) perforated bases (BP, 8 perforations per longer side, 8 mm diameter each), (iii) control with no base (SB). Treatments were replicated in 4 blocks and field sampling was carried out from April 2017 to August 2017, with 8 sampling dates. For each chamber measurement, gas sampling was performed at 4 times (0, 14, 28 and 42 min following chamber placement), using 20-mL syringes and 10-mL pre-evacuated vials. These sample vials were sent to the U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service and Department of Soil, Water and Climate (University of Minnesota) to determine N<sub>2</sub>O concentration through gas chromatography. Fluxes were calculated fitting the data to either linear or quadratic regression. The effect of the base design on emissions was analyzed with R-Studio, applying an ANOVA with repeated measures. Cumulative emissions were estimated through linear interpolation across all sampling dates.

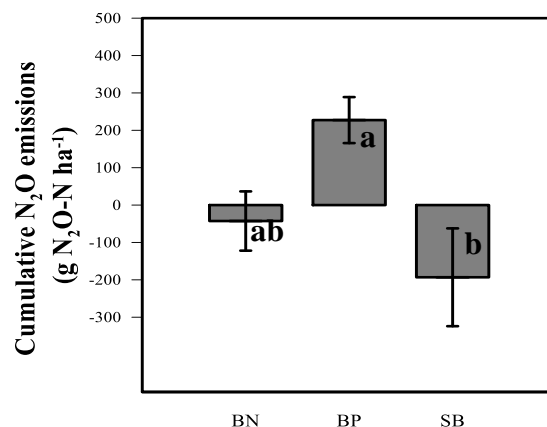
## RESULTS AND DISCUSSION

Even though N<sub>2</sub>O emissions were not affected (p=0.82) by the interaction type of base design X sampling date, base design slightly (p=0.059) affected emissions, with the BP design tending to emit more N<sub>2</sub>O than the other designs (Fig. 1). This reveals and confirms the negative bias produced by standard chambers. After an intense precipitation event (198 mm accumulated from April 7<sup>th</sup> to April 10<sup>th</sup>), N<sub>2</sub>O emissions with the BP design outstripped that of the other designs on four sampling dates: Apr 12<sup>th</sup> (2.6 vs. 1.4 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>), April 21<sup>st</sup> (6.0 vs. -3.4 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>), April 28<sup>th</sup> (5.4 vs. 0.06 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) and July 7<sup>th</sup> (2.2 vs. 1.9 g N-N<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> day<sup>-1</sup>) (Fig. 1). Consequently, chamber base design did affect cumulative N<sub>2</sub>O emissions (p=0.03), with BP having the greatest emissions (Fig. 2).





**Figure 1.** Daily precipitations and dynamics of daily N<sub>2</sub>O emissions estimated according chamber's base design. BP: perforated bases; BN: standard bases; SB: control with no base. Bars indicate standard error of mean.



**Figure 2.** Cumulative N<sub>2</sub>O emissions according chamber's base design. BP: perforated bases; BN: standard bases; SB: control with no base. Bars indicate Standard error of mean. Different letters indicate significant differences ( $p < 0.05$ , Tukey HSD test) among treatments.

Although no difference was expected between BP and SB, due to the former design attempts to emulate field conditions, we did find differences, which can be attributed to the uneven surface in, SB causing flux scape.

## CONCLUSIONS

Our results suggest that base design can significantly affect resulting fluxes and cumulative emissions of N<sub>2</sub>O estimated using NSS chambers. Further study is needed to evaluate the importance of these effects under different conditions.

## ACKNOWLEDGMENTS

Field sampling for this experiment was funded by Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Argentina), Project: "Greenhouse gases emissions" (code PNNAT 1128023). We also wish to thank to the lab technicians at the University of Minnesota who analyzed our samples.

## REFERENCES

- Chadwick, D.; Cardenas, L., Misselbrook, T., Smith, K., Rees, R., Watson, C., McGeough, K., Williams, J., Cloy, J., Thorman, R., Dhano, M. 2014. Optimizing chamber methods for measuring nitrous oxide emissions from plot-based agricultural experiments. *Eur. J. Soil Sci.* 65: 295-307
- Venterea, R. and Parkin T. 2012. 'Quantifying biases in non-steady state chamber measurements of soil-atmosphere gas exchange', In, *Managing Agricultural Greenhouse Gases* M Liebig, et al. (eds.), DOI: 10.1016/B978-0-12-386897-8.00019-X, published by Elsevier Inc.

# EVAPOTRANSPIRACIÓN Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA DE MAÍZ SOBRE CULTIVO DE COBERTURA EN EL SUDESTE BONAERENSE. I: CONDICIONES DE SECANO

Cambareri, M.A.<sup>1\*</sup>; Irigoyen, A.I.<sup>1,2</sup>; Echarte, L.E.<sup>1,3</sup>; Fereres, E.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Fac. de Ciencias Agrarias (UNMdP), Ruta Nac. 226, km 73,5 Balcarce, 7620, Argentina, <sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC)<sup>3</sup> EEA INTA Balcarce, Balcarce, 7620, Argentina, <sup>4</sup> Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba e IAS-CSIC, Av. Menéndez Pidal s/n, Córdoba, España

\*Contacto: mcambareri@mdp.edu.ar

**Palabras clave:** consumo de agua; rendimiento

## INTRODUCCIÓN

La inclusión de un cultivo de cobertura (CC) en los sistemas de producción se presenta como una alternativa de manejo que permitiría minimizar los riesgos del deterioro del suelo, asociados a la agricultura continua (Montgomery *et al.*, 2007). En este sentido, las mezclas de cereales y leguminosas se presentan como la mejor opción de cobertura del suelo (Holderbaum *et al.*, 1990). Sin embargo, un CC podría modificar la dinámica del agua en el suelo para el cultivo de cosecha (Munawar *et al.*, 1990; Irmak, 2014), modificando la evapotranspiración (ET) de cultivo, traduciéndose en un impacto negativo sobre el rendimiento. Si bien se ha evaluado el impacto de los CC sobre la disponibilidad de agua en el suelo a nivel internacional (Clark *et al.*, 2007; Krueger *et al.*, 2011) y a nivel nacional (Álvarez *et al.*, 2013; Cambareri y Echarte, 2017) se conoce poco acerca influencia de un CC de invierno sobre la ET del cultivo de maíz. Sería esperable que la cobertura no modifique la evaporación del suelo (Monzón *et al.*, 2006) y que promueva una mayor disponibilidad de agua para transpiración (Riz-zalli, 1998). Así, la ET estacional del maíz aumentaría en respuesta a la presencia de un CC en condiciones de secano en Balcarce.

La producción de materia seca o el rendimiento en grano de un cultivo de verano como maíz, posterior a una cobertura de invierno, ha sido evaluada obteniendo resultados positivos y negativos (Sullivan *et al.*, 1991; Miguez y Bollero, 2005). En el sudeste de Buenos Aires, la mezcla vicia/avena no afecta la producción de biomasa de maíz creciendo sin limitaciones hídricas (Corral, 2015). Sin embargo, se desconoce la producción de materia seca y rendimiento del cultivo de maíz sembrado en secano sobre vicia/avena como CC. La eficiencia en el uso del agua para producir granos (EUAg) dependerá de la influencia del CC sobre los términos que la componen (rendimiento y ET). El objetivo del trabajo es evaluar el efecto de un cultivo de cobertura sobre la EUAg del maíz posterior, cuantificando la ET y el rendimiento en condiciones de secano en Balcarce.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en Balcarce, Argentina (37°45'S, 58°18'W; 130m snm) durante las campañas 2016-2017 (C1) y 2017-2018 (C2), sobre un suelo Argiudol típico con una profundidad efectiva de 1,7 m. Los tratamientos de cobertura fueron: (i) maíz con CC (c-mz) y (ii) maíz sin CC con barbecho limpio (s/c-mz). El diseño fue en BCA con 3 repeticiones. El CC estuvo compuesto por vicia (*Vicia villosa* Roth.) y avena (*Avena sativa* L.). El maíz (DK692 VT3, MR118) se sembró el 15/11 en C1 y 21/11 en C2 a una densidad de 8 plantas m<sup>-2</sup>. Los cultivos se desarrollaron en secano, sin limitantes nutricionales y libres de plagas y malezas.

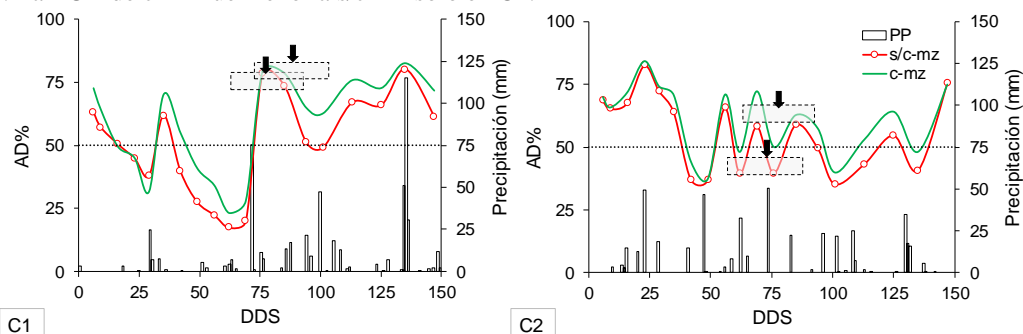
Se determinó la producción de materia seca (MS) y el rendimiento en grano de maíz en madurez fisiológica. El contenido de agua en el suelo se midió semanalmente, con una combinación del método gravimétrico (0-0,10 m) y sonda de dispersión de neutrones (0,10-1,70 m). La ET de maíz se determinó a partir de un balance de agua, utilizando las precipitaciones y la variación de almacenaje de agua en el suelo entre dos fechas sucesivas. La EUAg se determinó como el cociente entre el rendimiento en grano y la ET acumulada a lo largo de la estación de crecimiento de maíz.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los ambientes generados para el cultivo de maíz durante ambas campañas agrícolas fueron afectados por la cantidad de MS aportada por el CC y las precipitaciones durante la estación de crecimiento. La cantidad de MS aportada por el CC fue mayor en C1 ( $p < 0,05$ , datos no mostrados). La precipitación acumulada durante la estación de crecimiento fue también mayor en C1 (521 mm y 454 mm en C1 y C2, respectivamente), aunque la distribución dentro de la estación de crecimiento fue marcadamente distinta entre campañas (en C1, solamente 10% de las precipitaciones ocurrieron antes del período crítico (PC) del cultivo, mientras que en C2, 40% de las precipitaciones ocurrieron antes de este período; Figura 1). La floración se atrasó 10 y 5 días en el manejo c-mz en C1 y C2, respectivamente; por lo que el momento de ocurrencia del PC dentro de la estación de crecimiento difiere entre coberturas.

Se observaron condiciones de baja disponibilidad de agua para el cultivo ( $< 50\%$  del agua disponible, AD) en cada campaña agrícola en algún momento del ciclo, siendo notables en el estrato superior (0-0,3m) en la fase

vegetativa en C1, lo cual afectó al crecimiento inicial del cultivo (Figura 1). El menor contenido de AD para c-mz al momento de la siembra y escasas precipitaciones previas al PC en C1 limitaron el crecimiento inicial del maíz en c-mz (no mostrado) más que s/c-mz y resultó una menor producción de biomasa aérea y menor rendimiento final (Tabla 1), respecto de s/c-mz ( $p<0,05$ ). La reducción de biomasa aérea y de rendimiento fueron de alrededor del 30% en c-mz respecto de s/c-mz en C1, mientras que la tendencia a menor producción en C2 fue menor al 5%. La tendencia a reducción de ET de c-mz respecto de s/c-mz en C1 y C2, fue de 16% y 5%, respectivamente. La EUA de c-mz fue menor a s/c-mz sólo en C1.



**Figura 1.** Evolución del agua disponible en el suelo (0-0,3m; AD) y lámina de precipitación (PP) para maíz sin cultivo de cobertura previo (s/c-mz; línea roja con marcador) y con cultivo cobertura previo (c-mz, línea verde sin marcador) para las campañas 2016-2017 (C1) y 2017-2018 (C2). Las flechas indican el momento de floración y las cajas delimitan el período crítico de determinación de rendimiento (PC).

**Tabla 1.** Biomasa aérea (Materia seca), Rendimiento en grano, evapotranspiración de cultivo (ET) acumulada durante la estación de crecimiento y eficiencia en el uso del agua para producir granos (EUAg) para los dos tratamientos en las dos campañas agrícolas: C1 (2016-2017) y C2 (2017-2018).

Campaña	Cobertura	Materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	ET (mm)	EUAg (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )
C1	c-mz	11778 b	6895 b	329 a	21 b
	s/c-mz	16716 a	9697 a	392 a	25 a
C2	c-mz	25114 a	13782 a	463 a	30 a
	s/c-mz	25846 a	14448 a	487 a	30 a

\* Letras iguales para una misma campaña indican diferencias no significativas entre tratamientos ( $p<0,05$ ).

## CONCLUSIONES

En condiciones de baja frecuencia de precipitaciones, la inclusión de un CC puede generar baja disponibilidad inicial de agua en el suelo (escasa recarga del perfil), limitando el crecimiento inicial del maíz. La producción de biomasa aérea y rendimiento se reduce en mayor medida que la ET, por lo que bajo estas condiciones la EUAg se reduce.

## REFERENCIAS

- Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D. y Bodrero M. 2013. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1a ed. Ediciones INTA. 170 p.
- Cambareri, M.A.; Echarte, L.E. 2017. Dinámica del agua en el suelo en cultivos de maíz con y sin cultivo de cobertura previo. En: III Workshop Internacional de Ecofisiología, 2017, Mar del Plata, Argentina.
- Clark, A. 2007. Managing cover crops profitably. Handbook Series Book 9, 3rd ed. Beltsville, MD: Sustain. Agric. Network.
- Corral, R.A. 2015. Uso de cultivos de cobertura/abonos verdes para la producción sustentable de maíz (*Zea mays* L.) Trabajo de Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata. 34 p.
- Holderbaum, J.F.; Decker, A.M.; Messinger, J.J.; Mulford, F.R.; Vough, L.R. 1990. Fall-seeded legume cover crops for no-tillage corn in the humid East. *Agron. J.* 82(1): 117-124.
- Irmak, 2014. Corn-Soil water extraction and effective rooting depth in a silt-loam soil. Univ.of Nebraska Extension Pub. G2245. 4 p.
- Krueger, E.S.; Ochsner, T.E.; Porter, P.M.; Baker, J.M. 2011. Winter rye cover crop management influences on soil water, soil nitrate, and corn development. *Agron. J.* 103:316-323.
- Miguez, F.E. y Bollero, G.A. 2005. Review of corn yield response under winter cover cropping systems using meta-analytics methods. *Crop Sci.* 45:2318-2329
- Montgomery, D.R. 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 104(33):13268-13272.
- Monzón, J.P.; Sadras, V.O.; Andrade, F.H. 2006. Fallow soil evaporation and water storage as affected by stubble in sub-humid (Argentina) and semi-arid (Australia) environments. *Field Crop Res.* 98: 83-90.
- Munawar, A.; Blevins, R.; Frye, W.; Saul, M. 1990. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agron. J.* 82, 773-777.
- Rizzalli, R. 1998. Siembra directa y convencional de maíz ante distintas ofertas de nitrógeno. Tesis Magister Scientiae. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias, Balcarce. 35 p.
- Sullivan, P.G.; Parrish, D.J.; Luna, J.M. 1991. Cover crop contributions to N supply and water conservation in corn production. *Am. J. Altern. Agric.* 6(03): 106-113.

# EVAPOTRANSPIRACIÓN Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA DE MAÍZ SOBRE CULTIVO DE COBERTURA EN EL SUDESTE BONAERENSE. II: CONDICIONES DE AGUA NO LIMITANTE

Cambareri, M.A.<sup>1\*</sup>; Irigoyen, A.I.<sup>1,2</sup>; Echarte, L.E.<sup>1,3</sup>; Fereres, E.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Fac. de Ciencias Agrarias (UNMdP), Ruta Nac. 226, km 73,5 Balcarce, 7620, Argentina, <sup>2</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), <sup>3</sup> EEA INTA Balcarce, Balcarce, 7620, Argentina, <sup>4</sup> Departamento de Agronomía, Universidad de Córdoba e IAS-CSIC, Av. Menéndez Pidal s/n, Córdoba, España

\*Contacto: mcambareri@mdp.edu.ar

**Palabras clave:** riego, agua disponible

## INTRODUCCIÓN

La agricultura actual enfrenta el desafío de satisfacer una creciente demanda de alimentos y bioenergía y a la vez, de disminuir su impacto sobre el ambiente (Jordan y Warner, 2010). Es necesario promover prácticas de manejo sustentables que aumenten la productividad de la tierra (e.g. Caviglia *et al.*, 2010), como la inclusión de un cultivo de cobertura (CC) previo al cultivo de cosecha (Álvarez *et al.*, 2013). Sin embargo, un CC podría modificar la dinámica del agua en el suelo para el cultivo posterior de cosecha (Cambareri y Echarte, 2017), modificando la evapotranspiración (ET) de cultivo, traduciéndose en un impacto negativo sobre el rendimiento. Se conoce poco acerca influencia de un CC de invierno sobre la ET del cultivo de maíz. En condiciones de mojado frecuente de la superficie, sería esperable que la cobertura reduzca la evaporación del suelo en los momentos de cobertura incompleta del suelo (Ritchie, 1972). Por otra parte, la presencia de CC puede afectar el desarrollo inicial del cultivo y el área foliar verde alcanzada (Irigoyen *et al.*, 2016).

Es conocido que la mezcla vicia/avena no afecta la producción de biomasa de maíz creciendo sin limitaciones hídricas en esta zona (Corral, 2015). Dada la estrecha asociación entre producción de biomasa y transpiración (e.g. Hernández *et al.*, 2015), es de suponer que el CC no modifica la transpiración de maíz en estas condiciones. En consecuencia, la ET estacional de maíz disminuiría y la eficiencia en el uso del agua para producir granos (i.e. rendimiento en grano/ET) aumentaría, en respuesta a la presencia de un CC en condiciones de agua no limitante en el suelo.

El objetivo del trabajo es evaluar el efecto de un cultivo de cobertura sobre la EUAg del maíz posterior, cuantificando la ET y el rendimiento en condiciones de agua no limitante en Balcarce.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en Balcarce, Argentina (37°45' S, 58°18' W; 130 m snm) durante las campañas 2016-2017 (C1) y 2017-2018 (C2), sobre un suelo Argiudol típico con una profundidad efectiva de 1,7 m. Los tratamientos de cobertura fueron: (i) maíz con CC (c-mzR) y (ii) maíz sin CC con barbecho limpio (s/c-mzR). El diseño fue en BCA con 3 repeticiones. El CC estuvo compuesto por vicia (*Vicia villosa* Roth.) y avena (*Avena sativa* L.). El maíz (DK692 VT3, MR118) se sembró el 15/11 en C1 y 21/11 en C2 a una densidad de 8 plantas m<sup>-2</sup>. Los cultivos se desarrollaron sin limitantes nutricionales y libres de plagas y malezas. Se utilizó riego por goteo, para asegurar un nivel de agua en el suelo por encima del 50% de agua disponible.

Se determinó la producción de materia seca (MS) y el rendimiento en grano de maíz a madurez fisiológica. El contenido de agua en el suelo se midió semanalmente, con una combinación del método gravimétrico (0-0,10 m) y sonda de dispersión de neutrones (0,1-1,7m). La ET de maíz se determinó a partir de un balance de agua, utilizando las precipitaciones y el riego como variables de entrada, y la variación de almacenaje de agua en el suelo entre dos fechas sucesivas. Se asumió 100% de eficiencia de aplicación de riego y que la precipitación fue efectiva, sin escurrimiento superficial, debido a la ausencia de pendientes. La EUAg se calculó como el cociente entre el rendimiento en grano y la ET acumulada a lo largo de la estación de crecimiento de maíz.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

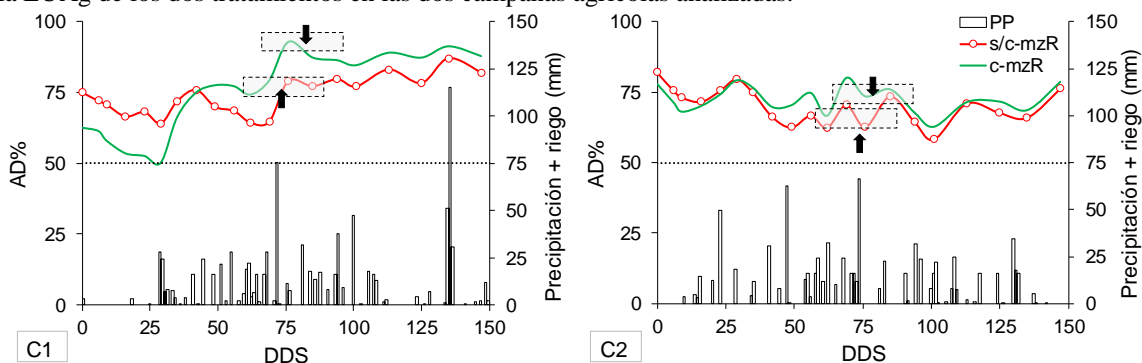
Los ambientes generados para el cultivo de maíz durante ambas campañas agrícolas fueron afectados por la cantidad de MS aportada por el CC, las precipitaciones y la lámina de riego durante la estación de crecimiento. La cantidad de MS aportada por el CC fue mayor en C1 (p<0,05, datos no mostrados). La lámina de agua aportada por precipitación y riego durante la estación de crecimiento fue también mayor en C1 (949 mm y 785 mm en C1 y C2, respectivamente). La distribución de las precipitaciones y el riego fue similar entre las campañas agrícolas (alrededor del 30% del agua aportada antes del período crítico (PC) del cultivo (Figura 1), aunque en C1 hubo menor aporte de agua durante los primeros 30 DDS (el riego se inició luego de los 30 DDS, en cada campaña).

El contenido de agua en el suelo estuvo siempre por encima del 50% del agua disponible (AD), excepto entre los 15 y 30 DDS en el estrato superior (0-0,3m; no mostrado) en C1, lo cual afectó al crecimiento inicial del cultivo (Figura 1; Tabla1). No se observaron diferencias entre campañas en disponibilidad total de agua (datos no mostrados y particularmente durante el PC el agua en el suelo se encontraba por encima del 50% AD en ambas

campañas agrícolas. La floración se atrasó 7 y 5 días en el manejo c-mzR en C1 y C2, respectivamente; por lo que el momento de ocurrencia del PC dentro de la estación de crecimiento difiere entre coberturas (Figura 1).

En concordancia con lo descrito por Corral (2015), la inclusión del CC previo al maíz no afectó la producción de materia seca ( $p>0,05$ ; Tabla 1). Entre campañas, se observó una mayor demanda atmosférica desde el inicio del ciclo del cultivo y hasta floración (Tabla 1), debido a mayor radiación incidente y temperatura (no mostrado). En C1 el cultivo comenzó su crecimiento bajo condiciones de estrés, que limitaron su crecimiento inicial generando una menor área foliar (no mostrado) que llevó a menor producción de biomasa aérea y menor rendimiento final (Tabla 1), respecto de C2 ( $p<0,05$ ).

La ET de c-mzR, se redujo respecto de la ET de s/c-mzR, aunque esto sólo fue significativo en C2 ( $p<0,01$ ; Tabla 1), en condiciones de buena disponibilidad de agua durante todo el ciclo. Sin embargo, no hubo diferencias en la EUAg de los dos tratamientos en las dos campañas agrícolas analizadas.



**Figura 1.** Agua disponible en el suelo (0-1,7m; AD%) y precipitación (PP) para maíz sin cultivo cobertura previo (s/c-mzR; línea roja con marcador) y con cultivo cobertura previo (c-mzR, línea verde sin marcador) para las campañas 2016/17 (C1) y 2017/18 (C2), bajo riego. Las flechas indican el momento de floración y las cajas delimitan el período crítico de determinación de rendimiento (PC).

**Tabla 1.** Biomasa aérea (Materia seca), Rendimiento en grano, evapotranspiración de cultivo (ET) acumulada durante la estación de crecimiento y eficiencia en el uso del agua para producir granos (EUAg) para los dos tratamientos en las dos campañas agrícolas: C1 (2016-2017) y C2 (2017-2018). Evapotranspiración de referencia PM ( $ET_0$ ) media para los primeros 30 días de desarrollo del cultivo y desde siembra hasta R1 en las dos campañas agrícolas.

Campaña	Cobertura	Materia seca (kg ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	ET (mm)	EUAg (kg ha <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup> )	$ET_0$ 30 DDS (mm d <sup>-1</sup> )	$ET_0$ hasta R1 (mm d <sup>-1</sup> )
C1	c-mzR	18692 a	10250 a	531 a	19 a	5,8	6,0
	s/c-mzR	21309 a	11745 a	588 a	20 a		
C2	c-mzR	27850 a	14695 a	616 b	24 a	4,8	5,2
	s/c-mzR	28965 a	16329 a	650 a	25 a		

\* Letras iguales para una misma campaña indican diferencias no significativas entre tratamientos ( $p<0,05$ ).

## CONCLUSIONES

La inclusión de un cultivo de cobertura, bajo condiciones de agua no limitante, no limitó la producción de maíz y tendió a disminuir la ET de cultivo. Sin embargo, la reducción en ET no fue suficientemente significativa como para reducir EUAg.

## REFERENCIAS

- Álvarez, C.; Quiroga, A.; Santos, D. y Bodrero, M. 2013. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. 1a ed. Ediciones INTA. 170 p.
- Cambareri, M.A.; Echarte, L.E. 2017. Dinámica del agua en el suelo en cultivos de maíz con y sin cultivo de cobertura previo. En: III Workshop Internacional de Ecofisiología, 2017, Mar del Plata, Argentina.
- Caviglia, O.P.; Andrade, F.H. 2010. Sustainable Intensification of Agriculture in the Argentinean Pampas: Capture and Use Efficiency of Environmental Resources. Am. J. Plant Sci. Biotech. 3 (1):1-8.
- Corral, R.A. 2015. Uso de cultivos de cobertura/abonos verdes para la producción sustentable de maíz (*Zea mays* L.) Trabajo de Tesis para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Fac. de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Mar del Plata. 34 p.
- Hernández, M.; Echarte, L.; Della Maggiora, A.; Cambareri, M.; Barbieri, P. y Cerrudo, D. 2015. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to N supply under contrasting soil water availability. Field Crops Res., 178: 8-15.
- Irigoyen, A.; Cambareri, M. y Echarte, L. 2016. Estructura vertical del canopeo de maíz en panojamiento: Efecto de cobertura de la superficie, agua y nitrógeno. En: XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología, 20 al 23 de septiembre de 2016. Puerto Madryn, Chubut, Argentina.
- Jordan, N.; Warner, K.D. 2010. Enhancing the Multifunctionality of US Agriculture. BioScience 60(1): 60-66.
- Ritchie, J.T. 1972. Model for predicting evaporation from a row crop with incomplete cover. Water Resour. Res. 8: 1204-1213.

# ESTIMACIÓN DEL FLUJO DE CALOR SENSIBLE POR MEDIO DEL BALANCE DE ENERGÍA Y UN LISÍMETRO DE PESADA

Faramiñán, A.M.G.<sup>1\*</sup>; Rivas, R.<sup>1</sup>; Carmona, F.<sup>1</sup>; Bayala, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Hidrología de Llanuras (CONICET-CIC-UNCPBA), sede Tandil. Arroyo Seco S/N, Campus Universitario, Tandil, Buenos Aires, Argentina (CP B7000)

\*Contacto: adanfaraminian@gmail.com

**Palabras clave:** evapotranspiración; humedad del suelo; sensores meteorológicos.

## INTRODUCCIÓN

A partir del estudio de los flujos de energía en la superficie terrestre se puede comprender los procesos físicos que ocurren en la interacción tierra-vegetación-atmósfera. Sin embargo, resulta difícil medir algunos de estos flujos, y en este trabajo el estudio se centró en el calor sensible ( $H$ ). Haciendo una analogía con la teoría de la similitud de Monin-Obukhov, el  $H$  se puede calcular de la siguiente manera:

$$H = \rho C_p \frac{(T_{rad} - T_a)}{r_a} \quad (1)$$

donde  $\rho$  es la densidad específica del aire ( $\text{kg cm}^{-3}$ ),  $C_p$  es el calor específico del aire ( $1013 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ),  $r_a$  es la resistencia aerodinámica ( $\text{s m}^{-1}$ ) según Allen (1998), para una superficie de referencia (vegetación de 0,12 m de altura con cobertura total),  $r_a$  puede aproximarse a  $208/u_2$ , siendo  $u_2$  la velocidad del viento registrada a 2 m de altura),  $T_a$  es la temperatura atmosférica (K) y  $T_{rad}$  es la temperatura radiativa de la vegetación (K) (Ibañez Plana, 1998). Este modelo se denomina de un nivel o una capa. En este estudio se trabajó con un modelo alternativo para obtener  $H$ . De acuerdo con la ley básica de la conservación de la energía, los procesos de interacción superficie-vegetación-atmósfera pueden ser descritos de forma reducida por la ecuación de balance de energía (Brutsaert, 1984):

$$Rn - G = H + \lambda E \quad (2)$$

donde  $Rn$  es la radiación neta ( $\text{Wm}^{-2}$ ),  $\lambda E$  el flujo de calor latente o evapotranspiración ( $\text{Wm}^{-2}$ ),  $G$  el flujo de calor en el suelo ( $\text{Wm}^{-2}$ ). Los flujos de energía asociados a la fotosíntesis, el almacenamiento de calor y la advección suelen despreciarse (en comparación con los otros términos). Con la superficie húmeda, la mayor parte de la energía proveniente de la  $Rn$  se pierde como  $\lambda E$  y la pérdida por  $H$  es baja. Por el contrario, en casos de superficies secas la mayor pérdida de energía es por el  $H$  (Rouse, 1979). En este trabajo, los términos  $Rn$  y  $G$  se midieron por medio de sensores y el término  $\lambda E$  se determinó de forma directa por medio de un lisímetro (Faramiñán et al., 2017a). En relación a lo mencionado anteriormente, se planteó como objetivo conseguir valores horarios de  $H$  a partir de la Ecuación 2 utilizando un lisímetro de pesada, y así validar datos horarios del modelo de un nivel representado por la Ecuación 1.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo con registros de una estación agrometeorológica ubicada en el Campus Universitario de la ciudad de Tandil (Provincia de Buenos Aires, Argentina;  $37^\circ 17'$  de latitud Sur y  $59^\circ 07'$  de longitud Oeste, 214 msnm). El suelo corresponde a un Argiudol Típico, tiene una cubierta vegetal de gramíneas de 12 cm de altura (respetando las condiciones de superficie de referencia).

Se midieron valores horarios de  $H$  por medio de la Ecuación 1 y por otra parte como término residual de la Ecuación 2 para los días 19, 20 y 28 de febrero, y 1 de marzo, obteniéndose 96 datos para cada modelo. En la Tabla 1 se listan los sensores utilizados, a excepción de  $\rho$  que fue determinado por la ley de gases ideales. Dentro del lisímetro se instalaron sensores de humedad de suelo, con el objetivo de monitorear humedad volumétrica del suelo ( $\theta$ ) calculada para un perfil de 40 cm de profundidad.

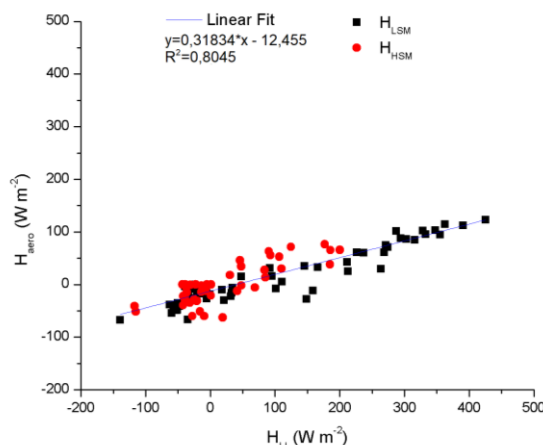
**Tabla 1.** Sensores utilizados para el BE, datos medición de variables ambientales y para medir  $\lambda E$ .

Término	Rn	G	$T_{rad}$	$T_a$	$u_2$	$\lambda E$	$\theta$
Modelo del sensor/Instrumento	CNR2 <sup>a</sup>	HFP01 <sup>c</sup>	SI-111 <sup>a</sup>	CS215 <sup>a</sup>	014A <sup>a</sup>	Balanza; Lisímetro	SCH-20 <sup>b</sup>
Precisión	<1%	± 2 %	±0.2 °C	±0.4 °C	1.5%	±0,2 mm d <sup>-1</sup> (6 Wm <sup>-2</sup> )	3%

<sup>a</sup>Sensor de la marca Campbell Scientific. <sup>b</sup>Marca Decagon. <sup>c</sup>Marca Hukseflux

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representa la dispersión de los resultados obtenidos por el modelo de balance de energía ( $H_{LI}$ ) y el modelo de un nivel ( $H_{aero}$ ). Se registró un periodo de baja humedad de suelo ( $H_{LSM}=48$  datos) y un periodo de alta humedad de suelo ( $H_{HSM}=48$  datos). Se observa que los datos de  $H_{aero}$  son significativamente menores a los de  $H_{LI}$  (con una diferencia de hasta  $300 \text{ W m}^{-2}$  aproximadamente), principalmente cuando se registraron valores de  $\theta < 15\%$  ( $H_{LSM}$ ) en el perfil de suelo considerado. Sin embargo, cuando  $\theta$  superó el  $20\%$  ( $H_{HSM}$ ) se registró una diferencia menor a  $100 \text{ W m}^{-2}$  entre los métodos. Los resultados de la comparación muestran una tendencia lineal con una subestimación significativa del modelo de un nivel (coeficiente de determinación de  $0,8045$ ). Considerando que los registros de  $G$ ,  $Rn$  y  $\lambda E$  se obtuvieron a partir de medidas directas, los valores estimados de  $H_{LI}$  como término residual de la Ecuación 2 se pueden considerar reales. Por otro lado, el registro de  $H_{aero}$  es una medición indirecta y es un resultado de aproximaciones lo que puede indicar un error en el método.



**Figura 1.** Comparación entre flujo de calor sensible estimado a partir de un lisímetro y del perfil aerodinámico. Cuadrados baja humedad de suelo y círculos alta humedad de suelo.

## CONCLUSIONES

En este estudio, utilizamos la ecuación de balance de energía como un método para estimar el flujo de calor sensible, utilizando las medidas de un lisímetro de pesada y sensores meteorológicos. La idea física básica del método se centra en obtener, con una adecuada precisión,  $H$  como término residual de la ecuación simplificada de balance de energía considerando registros precisos de  $Rn$ ,  $G$  y  $\lambda E$ . Para ello se realizó un correcto seguimiento y procesamiento de los datos registrados, de esta forma se obtuvieron valores comparables con el modelo de un nivel propuesto en este trabajo. En ese sentido, un lisímetro podría ser una alternativa para la validación de otros métodos de estimación de  $H$  a nivel local. En trabajos futuros se analizará el método para la validación de imágenes satelitales.

## AGRADECIMIENTOS

El trabajo se realizó gracias a la beca doctoral otorgada por la Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y fondos del proyecto FONARSEC 19 "Desarrollo e implementación de sistemas automáticos de alerta de inundaciones y sequías en el área sur de la cuenca del río Salado, provincia de Buenos Aires" (REDIMEC SRL - ADA - CICPBA).

## REFERENCIAS

- Allen, R. G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO Irrigation and Drainage paper N°56. Roma.
- Brutsaert, W. 1984. Evaporation into the atmosphere. Theory, History, and Applications. Holland: D. Reidel Publishing Company. ISBN: 978-90-481-8365-4
- Chow, V. T. 1994. Hidrología aplicada. McGraw-Hill ISBN: 958-600-171-7.
- Faramiñán, A.; Carmona, F.; Rivas, R.; Bayala, M. 2017a. Medida directa de la evapotranspiración por medio de un lisímetro de pesada digital. Reunión científica de la Asociación de Astrónomos, Geofísicos y Geodestas (AAGG). La plata, Argentina.
- Faramiñán, A.; Carmona, F.; Rivas, R.; Bayala, M.; Scasso, M. 2017b. Medidas de registro continuo con un lisímetro de pesada para monitorear la evapotranspiración real. IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico. Quilmes, Argentina.
- Ibáñez Plana, M. 1998. Estimación de la evapotranspiración regional a partir de la Razón de Bowen radiativa. Tesis doctoral, Universitat de València, Valencia, España.
- Rouse, W.R. 1979. Man-modified Climates en Gregory, K.J. y Walling, D.E. Man and Environmental Processes. Westview Press: Boulder 276 p.

# EVALUACIÓN DE LA INCORPORACIÓN DE UNA MÁSCARA DE AGUA SUPERFICIAL AL MODELO DE BALANCE HIDROLÓGICO OPERATIVO PARA EL AGRO (BHOA)

Fernández Zapiola, G.M.<sup>1\*</sup>; Torre Zaffaroni, P.<sup>2,3</sup>; Calabrese, L.<sup>1</sup>; Fernández Long, M.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Departamento de Recursos Naturales y Ambiente. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Av. San Martín 4453, C1417DSE, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

<sup>3</sup> Instituto de Clima y Agua, CIRN-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Nicolás Repetto y De los Reseros s/n, Hurlingham (1686), Buenos Aires, Argentina

\*Contacto: gfernandez@agro.uba.ar

**Palabras clave:** anegamientos; sensores remotos

## INTRODUCCIÓN

Los eventos extremos de variación del contenido de agua en el suelo: inundaciones y sequías son responsables, en América Latina y el Caribe, de la amplia mayoría (82% en la década 2003-2013) de las pérdidas de producción agrícola por desastres de escala media a grande (FAO, 2015). Asimismo, la disponibilidad de agua en el suelo es una de las principales limitantes de la producción agrícola en secano. Sin embargo, no existen suficientes datos como para realizar una agroclimatología regional del agua edáfica debido a la dificultad de instalación y mantenimiento de instrumental adecuado para su medición (Spescha y Hurtado, 2013). Es por eso que estimarla a partir de modelos de balance hidrológico resulta de gran utilidad.

En 2012, Fernández Long y otros desarrollaron un modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) de paso diario como herramienta para los tomadores de decisión del sector agrícola. Consecuentemente, la validación del modelo fue realizada para desempeñarse mejor en momentos del año que resultan críticos para los cultivos extensivos más comunes en Argentina. Sin embargo, debido a las simplificaciones inherentes al modelo; entre otras, no considerar la altura de la napa; los datos producidos no se ajustan a la realidad particularmente en el caso de las áreas anegadas. Esto resulta más evidente en zonas correspondientes a cuerpos de agua permanente.

En relación a ello, existen trabajos donde se ha usado información proveniente de sensores remotos montados en plataformas satelitales para estudiar la dinámica de los anegamientos (Torre Zaffaroni, 2018). Entonces, una posible solución para la falencia antes mencionada es la utilización de información espectral que permita conocer diariamente la presencia o ausencia y la ubicación de agua en superficie para luego, integrarla al modelo BHOA. Así, el objetivo de este trabajo fue elaborar mapas similares a los del actual modelo de BHOA con la incorporación de una máscara representativa del área anegada a fin de compararlos (con sus equivalentes sin el agregado de dicha información) y así evaluar su ajuste a la realidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información de superficies ocupadas por agua fue obtenida del producto MODIS Near Real-Time Global Flood Mapping (en adelante: MODIS-GFM) desarrollado por el Laboratorio de Hidrología del NASA's Goddard Space Flight Center. Una característica definitoria para su elección fue su resolución temporal diaria. La detección del agua superficial se realiza procesando la información provista por el satélite con un algoritmo desarrollado en el Dartmouth Flood Observatory. Para mejorar la fiabilidad de la información, la misma se integra en períodos de 3 días y un área se marca como anegada sólo cuando en 2 de esos días el satélite detecta agua en superficie. La resolución espacial del producto es de 250 m.

Debido a que la resolución espacial con la que se calcula el BHOA (0,1 °) es mayor que la del MODIS-GFM, se calculó para cada pixel del BHOA, el índice "i" según la ecuación (1). El mismo representa la proporción de píxeles de MODIS-GFM ocupados por agua. Para esto la información fue procesada con la plataforma Google Earth Engine. Posteriormente, se generó un mapa donde constan los sectores ocupados por agua diferenciados en: agua temporal y agua permanente. Dicho mapa fue antepuesto al mapa temático del BHOA como una "máscara". Nótese que la información del agua en superficie no fue incorporada al modelo para el cálculo del balance de agua en el suelo.

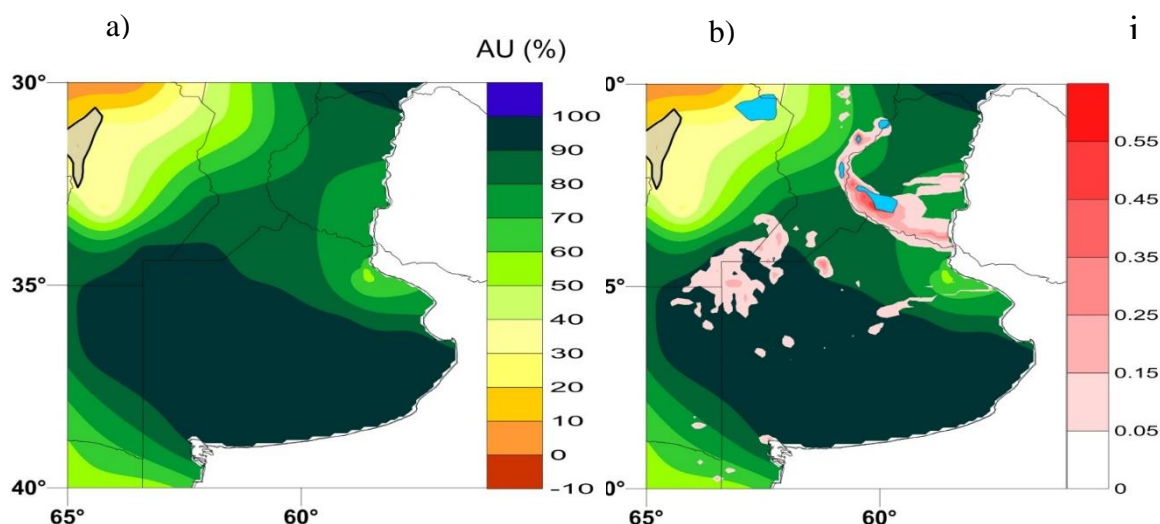
$$i = \frac{\text{nro.de píxeles MODIS GFM con agua en superficie}}{\text{nro total de píxeles MODIS GFM}} \quad (1)$$



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1.a (panel izquierdo) puede verse, a modo de ejemplo, un extracto del mapa de agua útil en el perfil total del suelo calculado con el modelo BHOA; en 1.b (panel derecho) puede verse el mismo mapa con la incorporación de la “máscara” de agua superficial. Ambos mapas corresponden al día 3 de Julio de 2017 momento en que numerosos sectores del territorio incluido en los mapas se encontraban inundados. Puede verse alrededor de los límites de Buenos Aires con Santa Fe, Córdoba y La Pampa zonas donde la máscara muestra proporciones de píxeles ocupados por agua, mayores al 5% ( $i > 0,05$ ) o incluso agua permanente, pero para las cuales el modelo BHOA proveía valores deficitarios de agua útil. De esta manera se revela que el actual producto del modelo BHOA presenta un desajuste considerable en casos de eventos extremos de precipitación.

Asimismo, cabe discutir la validez de la máscara generada. En la figura 1.b (panel derecho) puede notarse que los cuerpos de agua permanente están mal representados, esto es especialmente notorio en la discontinuidad con que aparece el Río Paraná. Es probable que la resolución elegida para representar el agua superficial haya sido demasiado grosera. Este defecto podría corregirse generando una nueva máscara directamente a partir del producto MODIS-GFM, es decir, sin calcular en índice “i” y superponer la imagen sobre los mapas de salida de AU(%).



**Figura 1:** a) Izquierda: Fragmento del mapa de % de agua útil en el perfil total del suelo producto del cálculo del modelo BHOA correspondiente al 3/7/2017. b) Derecha: Mismo fragmento con la máscara antepuesta del índice “i” que representa la proporción de superficie anegada para cada píxel de cálculo del BHOA; el área celeste corresponde al agua permanente

## CONCLUSIONES

En vista de estos resultados concluimos que es posible y deseable incorporar al modelo BHOA una máscara de agua superficial para corregir la subestimación del modelo en las áreas anegadas. Otra posibilidad sería la de incorporar la información de agua superficial al cálculo del modelo. También, sería deseable recrear el modelo en un sistema de información geográfica con el fin de disponibilizar una capa de información en lugar de la imagen que actualmente se publica. Ambas posibilidades serán objeto de trabajo en el futuro inmediato.

## AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de desarrollo estratégico PDE3-2017 “Pronóstico estadístico de agua del suelo en la Región Pampeana” (2016-2017) PDE Re. (CS) No 5383/16. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto IAI-CRN3035

## REFERENCIAS

- FAO. 2015. The impact of disasters on agriculture and food security. Libro electrónico. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i5128e.pdf>. Accedido: 31/07/2018
- Fernández-Long, M.E.; Spescha, L.B.; Barnatán, I.; Murphy, G.M. 2012. MODELO DE BALANCE HIDROLÓGICO OPERATIVO PARA EL AGRO (BHOA). Agronomía & Ambiente. 32(1-2): 31-47
- Spescha, L.; Hurtado, R. 2013. El ciclo del agua VII.4 El balance de agua del suelo. En: G.M. Murphy, R.H. Hurtado (Eds.). Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina. 105-129
- Torre Zaffaroni, P. 2018. Dinámica de áreas anegadas en los bajos submeridionales de Argentina. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Buenos Aires, Argentina.

# INTER-COMPARACIÓN Y VALIDACIÓN DE SIMULACIONES DE LA HUMEDAD DEL SUELO EN LA PAMPA HÚMEDA

Fernández Long, M.E.<sup>1\*</sup>; Gattinoni, N.N.<sup>2</sup>; Spennemann, P.C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires (FAUBA). <sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Clima y Agua. <sup>3</sup> Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA), UMI IFAECI/CNRS, Buenos Aires, Argentina.

\*Contacto: flong@agro.uba.ar

**Palabras clave:** almacenaje de agua del suelo; modelos; evaluación

## INTRODUCCIÓN

La evaluación o validación de la estimación de la humedad del suelo (HS) por modelos de balance de agua como por modelos de suelo, es particularmente difícil de realizar debido a la escasez de una red espacialmente densa y de registros temporales largos y continuos en Argentina. En este sentido, cabe mencionar que desde el año 2012, en el marco del proyecto SAOCOM, la CONAE instaló alrededor de 54 sensores en distintas localidades del país con fines de validar las futuras estimaciones de HS del SAOCOM. Estas mediciones de HS son de gran importancia para evaluar la capacidad de los sensores a bordo de satélites y de los modelos de suelo/balance en representar la HS. Una representación realista de la variabilidad temporal es de gran valor dado que, por un lado, los tomadores de decisiones utilizan este tipo de información a partir de productos operativos, como por ejemplo el generado por el modelo de Balance Hídrico Operativo para el Agro (BHOA, Fernández Long *et al.*, 2012). A su vez, en regiones de fuerte interacción suelo-atmósfera una adecuada representación de las condiciones iniciales de HS, como de su variabilidad, pueden mejorar los pronósticos a corto y largo plazo (horas a meses) (Doblas-Reyes *et al.*, 2013). El modelo BHOA fue evaluado en la Pampa Húmeda frente datos de rendimiento de distintos cultivos (Fernández Long *et al.*, 2012) y con datos históricos observados de HS del INTA (e.g. Veliz *et al.*, 2016). En Grings *et al.* (2016) se realizaron evaluaciones de la HS de diversos modelos de suelo provenientes del Global Land Data Assimilation System (GLDAS, Rodell *et al.*, 2004), utilizando estimaciones satelitales y proxy datos (e.g. IPE). En base a lo anteriormente expuesto es que, en este trabajo se realiza una validación preliminar del modelo de balance BHOA y del modelo de suelo GLDAS-Noah frente a observaciones de HS.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los promedios diarios (9am-9am) de las mediciones de HS en tres profundidades de suelo (5, 50 y 100 cm), en distintos periodos temporales de acuerdo con las observaciones disponibles. Las localidades analizadas fueron: Anguil (Lat=-36.54°; Lon=-63.99°), Venado Tuerto (-33.68°; -61.96°), Paraná (-31.84°; -60.53°) y Balcarce (-37.76°; -58.29°). El sensor utilizado es un Stevens- HydraProbe II (ver Basualdo *et al.*, 2017 para más detalle). Las unidades de HS están expresadas en milímetros (mm). Las simulaciones del modelo BHOA se realizaron con datos observados del Servicio Meteorológico Nacional y del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (ver Fernández Long *et al.*, 2012). El modelo GLDAS-Noah es forzado con una combinación de observaciones y reanálisis, donde las simulaciones de HS tienen una resolución de 1°x1° con salidas cada 3 hs (promedio 9am-9am). Además, se analizaron las precipitaciones observadas en las estaciones (dato utilizado por el BHOA) y las precipitaciones utilizadas por el modelo GLDAS-Noah. Las métricas utilizadas son el coeficiente de correlación, el error cuadrático medio (RMSE) y el BIAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

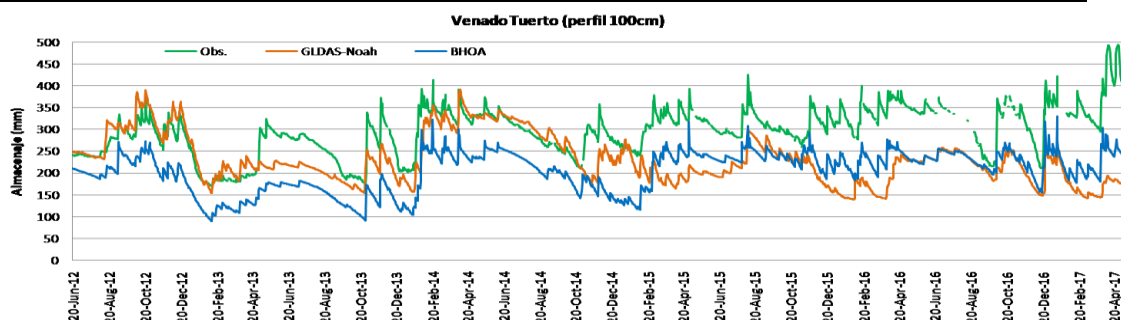
La Tabla 1 muestra las métricas de HS y precipitación para las cuatro localidades. Se puede destacar que en general la correlación del BHOA es más alta que la de GLDAS-Noah para las dos profundidades analizadas, excepto para todo el perfil en Balcarce donde GLDAS-Noah muestra un  $r=0.93$  respecto a un  $r=0.68$  de BHOA. El GLDAS-Noah presenta en general un mayor BIAS y RMSE que el BHOA, salvo para el perfil de 1 metro en Venado Tuerto. Es interesante notar que, si bien los valores de correlación de HS del GLDAS-Noah son bajos, en comparación con las del BHOA, las correlaciones de la precipitación son todavía más bajas, a excepción de Venado Tuerto. En general, un BIAS positivo (negativo) en la precipitación se refleja en un BIAS positivo (negativo) en la HS. Sin embargo, en el caso de Venado Tuerto (1m) y Anguil (5cm y 1m) se observan errores de signo opuesto en ambas variables. A su vez, y a diferencia del BHOA, en base a los coeficientes de correlaciones de las simulaciones del GLDAS-Noah se observa una clara degradación de la HS entre el nivel superficial y el perfil de 1m. Este comportamiento podría estar relacionado con los datos de textura globales que usa el GLDAS (FAO, 16 categorías).

En la Figura 1 se muestran las series temporales de HS (100cm) para el BHOA, GLDAS-Noah y las observaciones de HS para la estación de Venado Tuerto. Esta serie cuenta con el mayor registro temporal de las series analizadas, el cual comprende de junio de 2012 a abril del 2017. Lo primero que se destaca de esta figura es la gran similitud en variabilidad HS del modelo BHOA respecto a las observaciones ( $r=0.77$ , ver Tabla 1) y como claramente los ciclos de HS responden a las variaciones de precipitación (no se muestran). La única diferencia

para destacar entre el BHOA y las observaciones es en el valor medio de HS, lo cual también se puede apreciar en el BIAS (-92,6mm) de la Tabla 1. En base a las métricas obtenidas en la Tabla 1 las simulaciones de HS del GLDAS-Noah, con una  $r=0.17$ , presentan un peor desempeño comparado con el BHOA. Sin embargo, es necesario resaltar que hay ciertos períodos donde el desempeño es bueno, como por ejemplo durante los primeros 6 meses del registro donde la correlación es de  $r=0.95$ , donde a su vez el BIAS es despreciable. Entre mayo y diciembre del 2016 el BHOA y el GLDAS-Noah muestran valores medios y una variabilidad muy similar. Al analizar la precipitación en estos subperíodos, se observan valores más cercanos a los observados, indicando el impacto de los forzantes en la calidad de las simulaciones de la HS.

**Tabla 1.** Métricas de evaluación

Localidad	Estimador	5 cm		1 m		PRECIPITACIÓN
		BHOA	GLDAS	BHOA	GLDAS	BHOA vs GLDAS
Anguil	Coef. Corr	0,67	0,52	0,58	0,22	0,31
	BIAS	5,3	8,0	32,3	37,1	0,1
	RMSE	8,3	9,2	47,7	60,3	8,8
	N	832		831		6198
Venado Tuerto	Coef. Corr	0,74	0,34	0,80	0,17	0,46
	BIAS	-1,6	1,8	-92,6	-63,9	0,3
	RMSE	6,9	8,6	98,5	96,6	8,3
	N	1689		1682		6202
Paraná	Coef. Corr	0,66	0,49	0,69	0,11	0,53
	BIAS	-11,4	-12,2	-191,2	-197,4	-0,1
	RMSE	13,2	13,2	192,5	204,8	9,7
	N	652		648		6202
Balcarce	Coef. Corr	0,77	0,71	0,68	0,93	0,45
	BIAS	-0,1	-3,8	-138,3	-165,3	0,2
	RMSE	3,8	5,5	141,7	166,0	8,9
	N	225		148		6208



**Figura 1.** Series temporales de HS.

## CONCLUSIONES

Si bien la formulación del modelo BHOA es más simple que la del GLDAS-Noah, el hecho de ser forzado con datos observados (e.g. precipitación), le permite lograr una mejor representación de la variabilidad de la HS en base a esta evaluación preliminar. La baja resolución de GLDAS-Noah y la calidad de precipitación utilizada parecieran ser factores determinantes en los valores más altos de errores observados o de bajas correlaciones comparadas con el BHOA.

## AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto de desarrollo estratégico PDE3-2017 “Pronóstico estadístico de agua del suelo en la Región Pampeana” (2016-2017) PDE Re (CS) No 5383/16. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto IAI-CRN3035

## REFERENCIAS

- Basualdo, A. y Coautores. 2017. JASMIN: Joint Assessment of Soil Moisture Indicators (JASMIN) for southeastern South America (Valoración conjunta de indicadores de humedad del suelo para la región sudeste de Sudamérica), Editorial Facultad de Agronomía Libro digital, ISBN 978-987-3738-11-1.
- Doblas-Reyes F.J., García-Serrano, J.; Lienert, F.; Biescas, A. P; Rodrigues, L. R. L. 2013: Seasonal climate predictability and forecasting: status and prospects. WIREs Clim. Change, 4:245–268. doi: 10.1002/wcc.217.
- Fernández Long, M.E.; Spescha L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). Rev. Agronomía & Ambiente 32(1-2): FAUBA, Buenos Aires, Argentina.
- Grings, F. M.; Bruscantini, C. A.; Smucler, E.; Carballo, F.; Dillon, M. E. 2015. Validation Strategies for Satellite-Based Soil Moisture Products Over Argentine Pampas; Institute of Electrical and Electronics Engineers; Ieee Journal of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing; 8; 8; 8; 4094-4105.
- Veliz, A., Fernández Long, M. E; Spescha, L. 2016. Comparación entre valores observados y estimados de humedad del suelo en la región pampeana. XVI Reunión Argentina de Agrometeorología y VIII Reunión Latinoamericana de Agrometeorología (RALDA 2016), Puerto Madryn (Argentina) 2016.

# DETERMINACION DE FLUJOS TURBULENTOS SOBRE CUBIERTAS DE OLIVOS Y BUFFELGRASS POR EL METODO DE COVARIANZA DE VORTICES

Figuerola, P.<sup>1\*</sup>; Luna Toledo, E.S.<sup>1,2</sup>; Sancho, A.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Chilecito, 9 de Julio 22, CP 5360, Chilecito, La Rioja, Argentina  
<sup>2</sup> INTA EEA La Rioja, RN n° 38, Km 267, CP 5380, Chamental, La Rioja, Argentina.

\*Contacto: pfiguerola@undec.edu.ar

**Palabras clave:** zona árida; calor sensible.; calor latente; evapotranspiración

## INTRODUCCIÓN

El método de covarianza de vórtices (Eddy covariance) constituye una forma precisa para medir los flujos de masa y energía entre la superficie (incluyendo ecosistemas, cultivos, zonas urbanas etc.) y la atmósfera. La técnica consiste en muestrear con una alta frecuencia (5, 10, 20 Hz) el intercambio neto de gases (H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>) entre el ecosistema y su atmósfera vecina (Baldocchi *et al.*, 2003). Para esto calcula flujos escalares a partir de la covarianza entre mediciones de la velocidad vertical del viento y la concentración de gases de la superficie.

En la provincia de La Rioja, el cultivo del olivo, principalmente para aceite, tiene una gran difusión en las zonas bajo riego del oeste de la provincia, mientras que buffelgrass es una pastura perenne sembrada en la zona de secano de los llanos del sur y este de la provincia. Esta región tiene una alta tasa de reemplazo de vegetación leñosa nativa por pasturas de buffelgrass con más de 110 mil hectáreas en Los Llanos (Garay y Agüero, 2018).

El objetivo de este trabajo es presentar balances de energía que fueron llevados adelante sobre cultivo de olivo y buffelgrass en localidades de La Rioja, y compararlos con balances en otros cultivos y regiones del mundo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La energía disponible en un ambiente (A) está dado por  $A = R_N - G$ , donde  $R_N$  es la radiación neta, y G es el flujo de calor del suelo, y esta es usada para transportar flujos de calor sensible (H) y calor latente (LE), para lo cual se debería cumplir la siguiente relación de equilibrio:

$$R_N - G = LE + H \quad (1)$$

Los flujos H y LE se midieron con un sistema de Eddy covariance (Scientific Campbell-LICOR), compuesto de un anemómetro sónico CSAT-3, un higrómetro Krypton KH-20 y un analizador de gases en el infrarrojo con sistema abierto LI-7500. La frecuencia de muestreo fue de 10 Hz, y los datos se integraron cada 30 minutos. El post-procesamiento de datos se efectuó usando el software EVEDDY (Ritcher, 2015). Otras variables de interés que se midieron fueron precipitación diaria (pluviólogo Cavadevice),  $R_N$  (NR Lite2, Kipp&Zonen), G (HFP01, Scientific Campbell).

Entre febrero 2013 a enero 2014, se realizaron mediciones en la finca ALL PACK S.A. ubicada en Vichigasta, (29°31'S; 64°28'O) sobre plantaciones de olivo con una densidad de plantación es de 312 árboles por hectárea, y una altura media de los árboles de 3,6 m (Figuerola y Toledo, 2014). Entre diciembre de 2015 y mayo de 2017, se instaló el instrumental sobre una parcela de buffelgrass (30°30'32" S y 66° 06'14" O) excluida de pastoreo, ubicada en la estación experimental de INTA en Chamental (La Rioja). El instrumental fue montado sobre una torre a 10 m de altura sobre olivo, y 2 m de altura sobre el buffergrass.

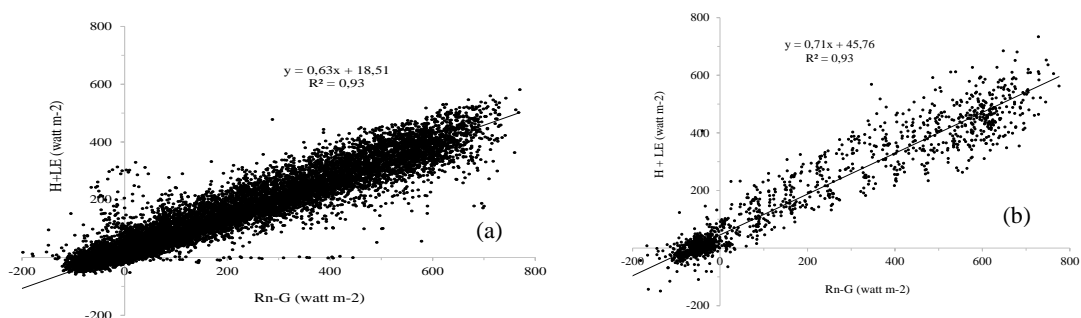
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fin de conocer el grado en que se cumple el cierre de la ecuación de balance de energía (1) del ecosistema medido, se presentan en Tabla 1 el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), la pendiente de la regresión lineal (b) (Fig.1), y la relación de balance de energía (RBE) definida como:

$$RBE = \sum (H + LE) / (R_N - G) \quad (2)$$

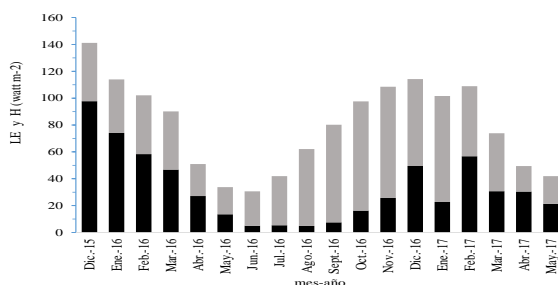
**Tabla 1.** Comparación del cierre de la ecuación de balance de energía sobre buffelgrass (Fig. 1.a) (chaco árido) y olivo (Fig. 1.b) (monte) en La Rioja, y en otros sitios de la literatura.

Lugar	Tipo de cobertura	Coordenadas geográficas	$R^2$	b	RBE
La Rioja (Arg.)	Buffelgrass	30,507°S; 66,107°O	0,93	0,63	0,78
La Rioja (Arg.)	Cultivo de olivo	29,539°S; 67,482°O	0,93	0,71	1,001
Hermosillo (Mex.) (Hijono-Hijono <i>et al.</i> , 2016)	Rolado con buffelgrass	28,711°N; 110,549°O	0,94	0,8179	----
San Luis (Arg.) (García <i>et al.</i> , 2017)	Bosque seco natural	33,464°S; 66,459°O	0,74	1,05	----
Sitios Fluxnet (Wilson <i>et al.</i> , 2002)	Cultivos-bosques-pastizales	-----	0,64-0,96	0,55-0,99	0,34-1,69

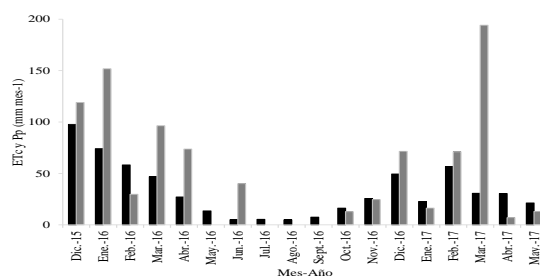


**Figura 1.** Balance de energía: (a) sobre buffelgrass y (b) sobre olivo

La Tabla 1 muestra los resultados de balances de energía realizados sobre buffelgrass y olivo en La Rioja, mostrando como los parámetros de la ecuación como así también RBE, se ubican en rangos similares a los medidos en otros sitios (Hinojo-Hinojo *et al.*, 2016; García *et al.*, 2017; Wilson *et al.*, 2002). Valores de pendiente cercanos a 1, indican condiciones de cierre de balances. En la mayoría de los casos, estos sistemas presentan problemas de cierre, lo cual esta generalmente asociado a varias razones entre ella la falta de consideración del calor almacenado en la cobertura vegetal, en el suelo, condiciones frecuentes de estabilidad, advección etc. (Wilson *et al.*, 2002).



**Figura 2.** LE (negro) y H (gris) mensuales



**Figura 3.** Precipitación (gris) y Evapotranspiración (negro)

En la Figura 2 se muestran valores medios mensuales de LE y H sobre buffelgrass para el periodo diciembre/15 a mayo/17, entre mayo a octubre los valores de LE son mínimos. Valores de LE convertidos en evapotranspiración, y comparados con la precipitación mensuales se muestran en la Fig.3. En el periodo de crecimiento (diciembre-abril) ETc acumuló 327,3 mm en el 2015-16, y de 200,8 mm en mismo período, relativamente seco en el 2016-17 (Luna Toledo *et al.*, 2018). La ETc representó un 70-76% de la precipitación en la temporada de crecimiento de la pastura, mientras que en el periodo de reposo invernal esta proporción alcanzo el 100 % de la precipitación. Frente a la escasez de agua la energía disponible es usada en calor sensible (H). Así, parece no ocurrir un almacenamiento de agua duradero en este tipo de sistemas

## CONCLUSION

El cierre de balances de energía con mediciones realizadas con el instrumento Eddy Covariance, sobrepastura de buffelgrass en el Chaco Árido, y olivo en la zona de Monte, está comprendido dentro de los valores encontrados en la literatura. Este un método que permite obtener los flujos de calor sensible y latente, y los valores de evapotranspiración del ecosistema.

## REFERENCIAS

- Baldocchi, D. D. 2003. Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems. *Global Change Biology* 9: 479-492.
- Figuerola, P.I. y Luna Toledo, E. 2014. Primeras mediciones de evapotranspiración con Eddy covariance sobre un cultivo maduro de olivo. Reunión Binacional de Agrometeorología y XV Reunión Argentina de Agrometeorología.
- Garay, D. D.; Agüero, J. N. 2018. Áreas implantadas con buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) en los Llanos de La Rioja. VIII Congreso Nacional, IV Congreso Internacional sobre Manejo de Pastizales Naturales. Chacabuco, La Rioja, Argentina.
- García, A. G.; Di Bella, C. M.; Houspanossian, J.; Magliano, P. N.; Jobbágy, E. G.; Posse, G.; Nosetto, M. D. (2017). Patterns and controls of carbon dioxide and water vapor fluxes in a dry forest of central Argentina. *AFM*, 247, 520-532.
- Hinojo-Hinojo, C.; Castellanos, A. E.; Rodríguez, J. C.; Delgado-Balbuena, J.; Romo-León, J. R.; Celaya-Michel, H.; Huxman, T. E. (2016). Carbon and water fluxes in an exotic buffelgrass savanna. *REM*, 69(5), 334-341.
- Luna Toledo, E.; Figuerola, P.; Sancho, A. 2018. Respuesta de la productividad primaria de buffelgrass en un año seco y en un año húmedo. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología., San Luis, Argentina.
- Ritcher K. 2015. Procesamiento de datos medidos con sistema Eddy Covarianza, Instituto Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CITA), Instituto de Clima y Agua. INTA 126 pp
- Wilson, K.; Goldstein, A.; Falge, E. y otros. 2002. Energy balance closure at FLUXNET sites. *AFM* 113, 223-243.

# ANÁLISIS DE UN CASO DE LA OFERTA HÍDRICA EN FRUTILLA (*FRAGARIA X ANANASSA DUCH.*) EN UN ESCENARIO CLIMÁTICO CAMBIANTE

Zeman, E.<sup>1 y 2\*</sup>; Meneguzzi, N.D.<sup>1</sup>; Vera, M.D.<sup>1</sup> y Agüero, S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Experimental Agropecuaria INTA-Famaillá, Ruta Prov. 301 Km, 32, CP Famaillá. Tucumán, Argentina.

<sup>2</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Roca 1900. CP4000. San Miguel de Tucumán. Argentina

\*Contacto: zeman.eugenia@inta.gob.ar

**Palabras clave:** evapotranspiración; retención máxima

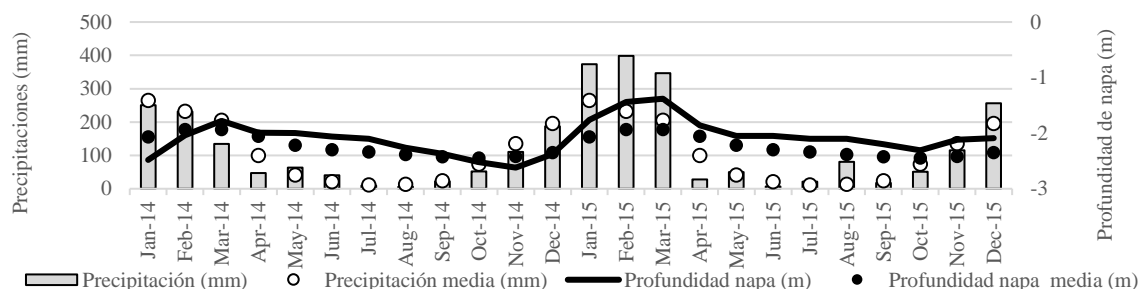
## INTRODUCCIÓN

El estrés por déficit hídrico se produce en las plantas en respuesta a un ambiente escaso en agua, donde la tasa de transpiración excede a la toma de agua. Las deficiencias de agua reducen el rendimiento y también alteran el crecimiento (Murphy, 2011). Los riegos frecuentes conducen a un crecimiento superficial de las raíces, lo cual es inconveniente durante las sequías. La respuesta de las plantas a la escasez de agua es compleja, involucra cambios perjudiciales y/o adaptativos, y en condiciones de campo pueden ser sinérgicas o antagónicas y modificadas por la superposición de otros tipos de estrés (Moreno, 2009). Ante la deficiencia de agua, se observan síntomas internos como modificación de la expresión de genes, cierre estomático, limitación específica de la expansión foliar, ajuste osmótico, disminución del crecimiento radicular (Moreno, 2009) y como manifestaciones externas la pérdida de turgencia y el posterior envejecimiento de la hoja. En zonas de lluvia frecuente, riego y ascenso capilar en un suelo con manto freático poco profundo el proceso de evapotranspiración pasa a ser determinado solamente por las condiciones meteorológicas (FAO, 1998). La información de respuesta de los cultivos en una serie histórica permite hacer estudios sobre cambio climático global y detectar variaciones en los factores ambientales relacionados (Elías Castillo, 2001), a fin de adaptar las prácticas agronómicas.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la oferta hídrica en un lote de frutilla (*Fragaria x ananassa Duch.*) en un escenario climático cambiante.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Un lote de frutilla (*F. x ananassa Duch.*, variedad Fortuna) en la EEA Famaillá (27° 03' S; 65° 25' W). Durante dos años consecutivos, se evaluó la respuesta del cultivo frente a condiciones de riego (2014) y de suspensión del mismo con el objetivo de inducir condiciones de estrés hídrico (2015). El corte de riego se realizó durante el mes de octubre, momento crítico de demanda hídrica del cultivo. En ambas campañas se valoró el estado general de las plantas, síntomas de marchitamiento seguido de muerte, buscando conocer la relación entre el complejo ambiental - edáfico y el cultivo. Se analizaron las variables agrometeorológicas y agroclimáticas involucradas en la disponibilidad del agua aprovechable: precipitación mensual acumulada, humedad edáfica mensual a 15 cm de profundidad, profundidad de napa freática mensual, evapotranspiración mensual estimada por el método de Penman y nubosidad mensual; todas correspondientes a las campañas 2014 y 2015. Las variables climáticas se obtuvieron de los promedios históricos de 50 años de registro (1967-2017) del Observatorio agrometeorológico de la EEA INTA Famaillá. Usando metodología de estadística descriptiva por distribución empírica de las frecuencias sobre la serie, se obtuvieron las calificaciones técnicas que describen a cada mes. Los parámetros de normalidad de la serie se establecieron de acuerdo con rangos de probabilidad de ocurrencia que se denominaron: extremadamente superior a la normal (ESN); muy superior a la normal (MSN); superior a la normal (SN); normal (N); inferior a la normal (IN); muy inferior a la normal (MIN); y extremadamente inferior a la normal (EIN).



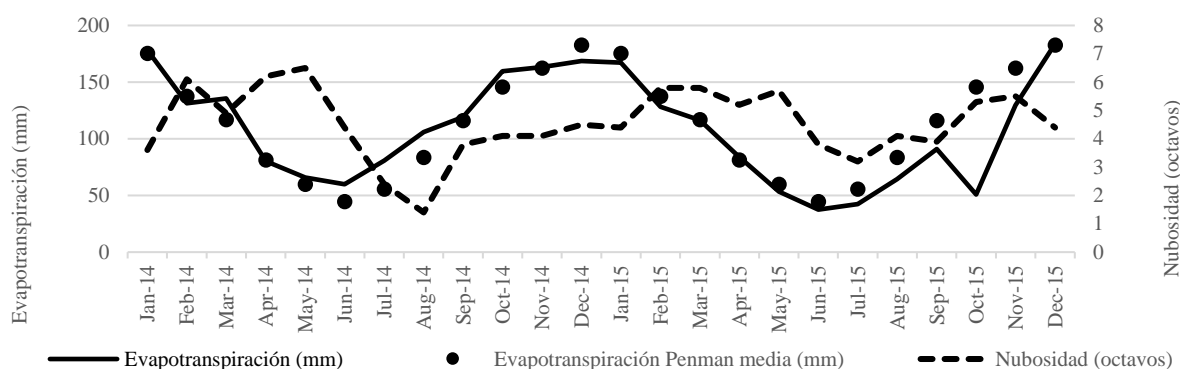
**Figura 1.** Marcha de precipitación y profundidad de napa meteorológica (2014 a 2015) y marcha climática (serie 1967-2017)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La campaña 2014 se presentó con precipitaciones N e IN durante los periodos estival e invernal. El mes de octubre de 2014 se presentó con precipitaciones IN y con una profundidad de napa freática N (Figura 1). Por otro lado, se registraron altos niveles de evapotranspiración, con valores SN y bajos valores de nubosidad (Figura 2). Por su parte, la profundidad de napa freática se mostró IN (Figura 2). La humedad edáfica registrada a los 15cm se mostró IN, acompañando el comportamiento de la profundidad de napa y el bajo aporte hídrico de la campaña 2014. Para este periodo analizado, el riego fue fundamental para el normal desarrollo del cultivo.

Por el contrario, el año 2015 se presentó con precipitaciones SN, con eventos de extrema precipitación, en consecuencia, la profundidad de napa freática se mantuvo toda la campaña por encima de la profundidad normal (Figura 1) y así también la humedad edáfica a 15 cm. Por otro lado, la evapotranspiración para esta campaña fue EIN debido a la alta nubosidad registrada para el periodo (Figura 2). Dos meses antes del momento de suspensión de riego ocurrió un evento de precipitación ESN, con 80,9 mm registrados en agosto, siendo la media histórica de 13,5 mm. Tan alto volumen de precipitación escapa a la capacidad de anticipar el manejo cultural del cultivo. Parte de este excedente escurre y percola y parte de él queda retenido en el suelo. De acuerdo con la textura arcillosa y a la profundidad radicular de hasta 50 cm de exploración se asume una capacidad de retención máxima cercana a los 200 mm (Fernández García, 1996), agua suficiente para provocar un registro de napa SN en el mes siguiente. El agua superior a la máxima capacidad de retención podría haber sido rápidamente consumida, ya que el suelo se encontraba en estado de uso del agua almacenada entrando en deficiencia, sin embargo, esto no sucedió debido a que en el tiempo comprendido entre el evento de precipitación y el corte de riego, los días se mantuvieron con alta nubosidad, lo que hizo bajar de manera importante los valores de evapotranspiración. Al bajar la evapotranspiración no hubo pérdidas de agua del sistema suelo- planta y el cultivo llegó al momento de corte de riego con agua suficiente en la estructura del suelo como para continuar su normal desarrollo. También se debe considerar que durante octubre 2015 se registraron 70 horas de rocío profuso, lo que significa un aporte hídrico oculto que la planta puede aprovechar.

La información climática es aún escasa en muchas regiones y sin embargo la mayoría de los autores citan que el cambio climático amplificaría el ciclo hidrológico (Huntington, 2006) esto explicaría que en esta serie climática se observen cada vez con más frecuencia eventos de precipitación extrema.



**Figura 2.** Marcha de la nubosidad y de evapotranspiración Penman meteorológica (2014 a 2015) y marcha climática (serie 1967-2017)

## CONCLUSIONES

El análisis de las variables agrometeorológicas y climáticas resultó necesario para explicar la ausencia de respuesta vegetal ante la suspensión del aporte hídrico. A pesar de que el semestre frío del pedemonte tucumano es hídricamente seco, las características edafoclimáticas del ambiente le permitieron al cultivo prescindir del riego. Se recomienda tener en cuenta los aportes hídricos por rocío no cuantificados en este trabajo.

## REFERENCIAS

- Elías Castillo, F.; Castelví Sentís, F. 2001. Agrometeorología. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid 517 p.
- FAO. 1998. Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, Estudios FAO Riego y Drenaje. N° 56. Roma.
- Fernández García, F. 1996. Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación. Ed Síntesis. Madrid, España. 285 p.
- Huntington, T. 2006. Evidence of intensification of the global water cycle: Review and synthesis. Journal of Hydrology 319, 83-95 USA
- Moreno, L. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. Agron. colomb., Volumen 27, Número 2, p. 179-191, 2009. ISSN electrónico 2357-3732. ISSN impreso 0120-9965
- Murphy, G.; Hurtado, R. 2011. Agrometeorología. Editorial Facultad de Agronomía. Página 424. Buenos Aires

### **ÁREA TEMÁTICA 3**

**Instrumental, Redes de Observación y Servicios Agroclimáticos**





# BASE DE DATOS PLUVIOMÉTRICA DE SANTA CRUZ

Almonacid, L.R. \*; Díaz, B.G.; Bonfilio O.

Convenio Municipalidad de Río Gallegos – INTA EEA Santa Cruz  
INTA – EEA Santa Cruz. Mahatma Gandhi. Río Gallegos (CP), Argentina.  
Servicio Meteorológico Nacional OMA Río Gallegos, RN km. (CP) Río Gallegos, Santa Cruz (Arg.)

\*Contacto: almonacid.r.leandro@gmail.com

**Palabras clave:** precipitación mensual; hidrología; Patagonia Austral

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la hidroclimatología es fundamental para la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos (Karamouz *et al.*, 2013). Resulta un componente esencial para la toma de decisiones de manejo y conservación en un marco de sostenibilidad y sustentabilidad, tendientes a lograr una disponibilidad adecuada en cantidad y calidad para el abastecimiento humano, la protección de ecosistemas fluviales y la producción entre otros usos (Peña, 2016).

En 2006 la Ley Provincial No.2895 creó el Sistema Integrado Meteorológico (SIME), una iniciativa para la estructuración de una red meteorológica en Santa Cruz basada en la coordinación de iniciativas públicas y privadas de colección de datos y con el fin de sistematizarlos en una Base de Datos (BD) de acceso público y actualización permanente. En 2008 se acordó entre el Estado Provincial y el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el establecimiento de una cooperación orientada a su concreción. En 2011 se amplió el alcance de sus objetivos mediante la Ley Provincial No.3218. Sin embargo, a la fecha aún no se ha reglamentado ninguna normativa ni se ha instrumentado operativamente. En poco más de 120 años de ocupación y uso del suelo en Santa Cruz aún no se dispone de políticas específicas para el estudio sistematizado, estandarizado y permanente de la meteorología independientemente de las iniciativas del SMN en unos pocos y dispersos sitios del territorio provincial, no obstante, lo cual sí existe una gran cantidad de iniciativas dispersas de generación de datos, especialmente por iniciativas privadas. La situación descrita representa un importante desafío para lograr apropiadas descripciones de algunos fenómenos de importancia como la precipitación, en especial para la comprensión de posibles escenarios futuros asociados a un cambio global del clima.

El objetivo del presente trabajo consistió en la organización de una base de datos de registros de precipitación de la provincia de Santa Cruz a partir de registros dispersos de múltiples fuentes, que permita la mejor descripción posible de la distribución espacial y temporal del fenómeno en el territorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En 2010 se inició un ejercicio cooperativo entre diversas instituciones y personas de la región para la búsqueda y compilación de registros históricos de precipitación total mensual líquida (PTM), su organización, descripción y catalogación. La precisión y confiabilidad de los datos logrados cubre un rango amplio de situaciones desde los obtenidos mediante pluviómetros automáticos apropiadamente instalados, monitoreados y mantenidos en estaciones meteorológicas hasta sencillos dispositivos caseros de acumulación, dependientes de una observación directa periódica. La BD lograda a la fecha se encuentra en un proceso continuo de actualización y procesamiento para asegurar el completado de registros faltantes y homogeneización (Tabla 1).

**Tabla 1.** Versionado aplicado al procesamiento de datos de precipitación total mensual (PTM) disponible.

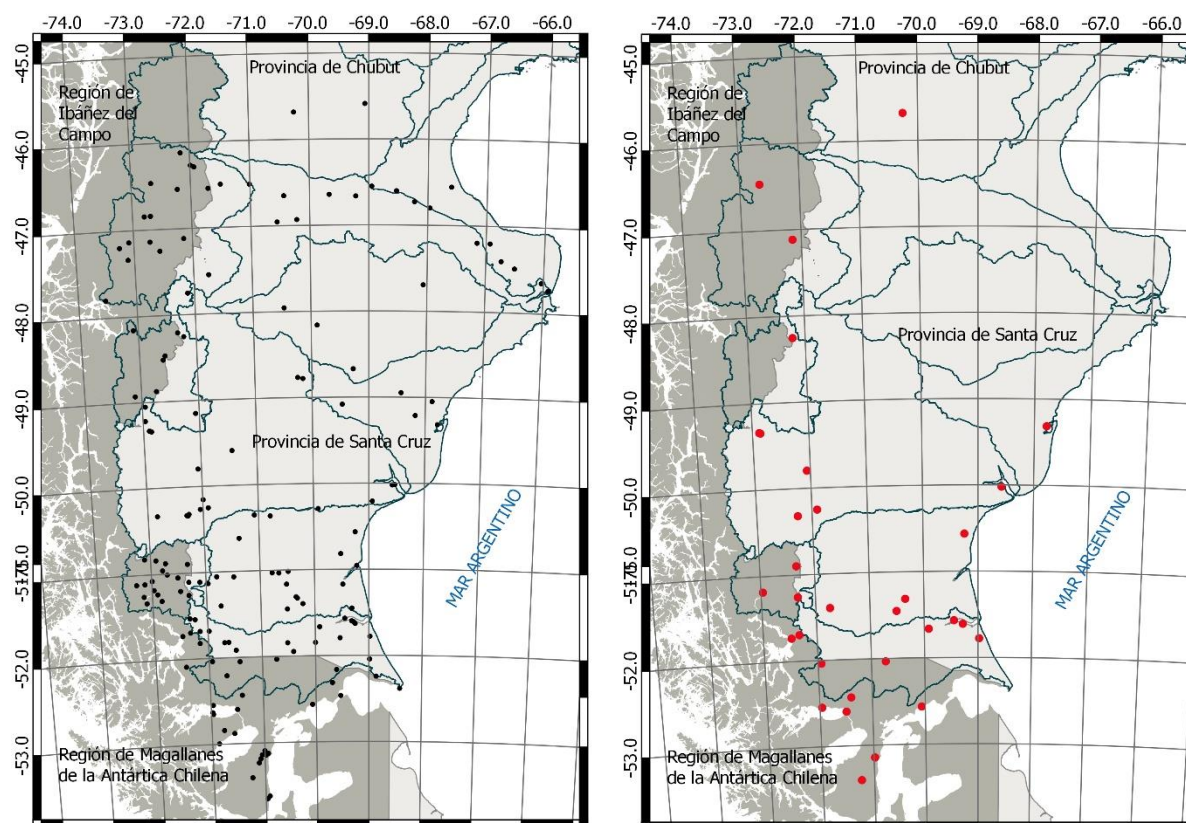
VERSIÓN	NUMERO ESTACIONES	COMENTARIO
1.0	165	Registros de PTM por estación sin procesamiento alguno
1.1	21	Registros de PTM con 20 o más años discontinuos
1.2	33	Registros de PTM con 20 o más años continuos hasta el presente (2016 inclusive)
2.0	20	Identificación y limpieza de valores anómalos dentro de cada serie disponible
2.1		Control de calidad entre estaciones vecinas para identificación y limpieza de outliers
2.2		Prueba de homogeneidad contra estaciones de referencia en la región de influencia
2.3		Completado de vacíos en las series temporales

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sobre un total de 239 estaciones pluviométricas conocidas, activas y desactivadas, en la provincia de Santa Cruz y territorios vecinos con recursos hídricos compartidos se dispone actualmente de series temporales de PTM de 165 sitios (v1.0), representando un 69% del total (Figura 1). De éstos tan solo 54 (22,5%) alcanzan una longitud temporal de 20 años o más (v1.1) y, de éstos, solo 33 (13,8%) lo hacen en forma continua y con alcance hasta el presente (v1.2). La mayor parte de los registros disponibles se trata de series cortas, espacialmente dispersas sin un diseño de red específico, con importantes discontinuidades y mayormente carentes de documentación descriptiva o metodológica. Una excepción a esta descripción la componen las 36 estaciones meteorológi-

cas oficiales bajo administración de la Dirección General de Aguas en Chile (DGA, 2016) y las escasas 7 dependientes del SMN en Argentina. Los trabajos a la fecha han consistido en la homogeneización de series y completado de vacíos mediante modelización sobre un 8,3% de la BD.

Entre 1940 y 1960 coexistieron la mayor cantidad de estaciones si bien la mayor proporción de sus datos se encuentran por el momento perdidos. Sólo a partir de las décadas de 1990 y 2000 comenzó a densificarse la red de colección de registros mayormente a partir de iniciativas privadas.



**Figura 1.** Ubicación del total de estaciones con series de registros pluviométricos totales mensuales disponibles a la fecha v1.0 (izq.) y con registros continuos de +20 años v1.2 y v2.3 (der.). En trazo verde se muestran los límites de regiones hidrográficas de la provincia de Santa Cruz y otras vecinas con recursos hídricos compartidos (SSRH, 2016).

## CONCLUSIONES

La base de datos de precipitación lograda resulta importante en cantidad y distribución de registros en el territorio si bien evidencia inconvenientes para representar una fuente apropiada para la caracterización espacial y temporal del fenómeno. Se presenta un desbalance territorial en la disponibilidad de registros que debe permitir reorientar los esfuerzos futuros de búsqueda y actualización. Los inconvenientes detectados también permiten argumentar la necesidad de crear una red específica de monitoreo del fenómeno en la región, en especial en el sector argentino.

## REFERENCIAS

- DGA. 2016. Servicios y productos destacados de la Dirección General de Aguas del Gobierno de Chile, Ministerio de Obras Públicas. En: <http://www.dga.cl/Paginas/default.aspx>
- Karamouz, M.; Nazif, S.; Falahi, M. 2013. Hydrology and Hydroclimatology, Principles and Applications. Ch.1: p1-15. CRC Press, Florida, USA. 740p.
- Peña, H. 2016. Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. CEPA, Naciones Unidas, Pub.Téc. Serie Recursos Naturales e Infraestructura No.178. 57p.
- SSRH. 2016. Red Básica de Información Hídrica (RBIH). Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación, Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. En: [http://www.hidricosargentina.gov.ar/sistema\\_red.php?seccion=red](http://www.hidricosargentina.gov.ar/sistema_red.php?seccion=red)

# CONSTRUCCIÓN Y CONTRASTE DE UN RADIÓMETRO DE DISEÑO PROPIO

Moltoni, A.F.; Serritella, D.A.; Pacor, L.J.; Blasón, A.D.\*

Instituto de Ingeniería Rural, CIA, INTA Castelar. Instituto de Clima y Agua, CIRN, INTA Castelar. Cátedra de Agrometeorología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Llavallol Argentina.

\*Contacto: adblason@yahoo.com

**Palabras clave:** piranómetro; fotodiodo; medidor fotovoltaico

## INTRODUCCIÓN

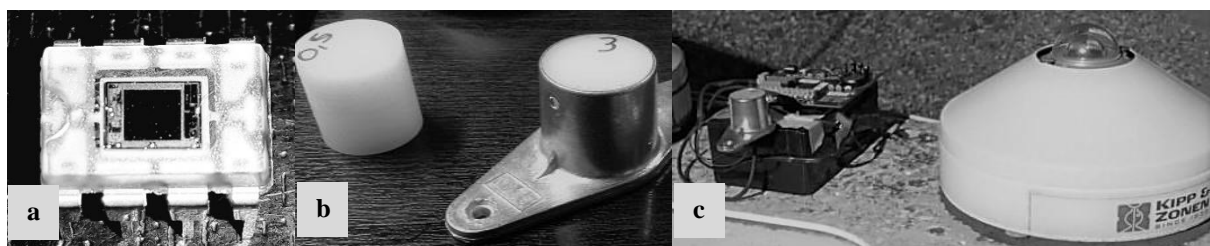
La Radiación Global (RG) es la cantidad de energía solar recibida a nivel de la superficie terrestre, siendo la fuente disponible para el proceso fotosintético de plantas silvestres y cultivadas (Denegri *et al.*, 2009). Sin embargo, es muy poca la RG aprovechada en dicho proceso, existiendo pérdidas debidas a la reflexión desde los distintos órganos de la planta, a la transmisión a través de la canopia y al calentamiento por absorción (Righini y Grossi Gallegos, 2005). Poder contar con un sistema de medición de los diferentes componentes de la radiación de onda corta redistribuidos en los cultivos resulta de evidente importancia para su modelización y manejo (Vera *et al.*, 2005).

Existen en el mercado dos tipos de sensores para la medición de la radiación solar; los termopílicos, que son exactos y precisos pero delicados y onerosos, lo cual en general limita su utilización como patrones de referencia locales en las estaciones meteorológicas de redes importantes. Por otra parte, los fotovoltaicos presentan una respuesta espectral más limitada y no tan lineal como los anteriores, pero son considerablemente menos costosos, de menor tamaño y ensamblado resistente; por lo que contrastados adecuadamente resultan una buena opción (Chacón Cardona, *et al.*, 2008) frente a la necesidad de medir con varios sensores en un mismo ambiente.

Con la finalidad de construir y utilizar un sistema para la medición de componentes de la radiación solar en los cultivos, confiable, de bajo costo y de fácil replicación, la Cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Ciencias Agrarias-UNLZ, en el marco del proyecto “Desarrollo de una metodología de sensoramiento radiativo para el modelamiento de la APAR y la RUE” (Código de proyecto, Lomas CyT-FCA 51) y el Laboratorio de Agro electrónica del Instituto de Ingeniería Rural, CIA-CNIA-INTA desarrollan un sensor de radiación solar basado en componentes disponibles comercialmente, el cual calibrado, multiplicado (varios sensores) y registrados mediante un adquisidor de datos (data logger) permitirá configurar dicho sistema. El objetivo de este trabajo es presentar un prototipo funcional del sensor de radiación de onda corta hemisférico de diseño propio, evaluar su estabilidad electrónica y calidad de medición mediante su contraste con un sensor de radiación Kipp & Zonen perteneciente a la Red solarimétrica de INTA como instrumento de referencia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la construcción del piranómetro se utilizó un circuito integrado (CI) de nueva generación, ajustado electrónicamente de manera tal que evite la saturación a nivel del ADC (convertor analógico digital) en los momentos de máxima intensidad de radiación. El circuito integra en un mismo componente un fotodiodo y un amplificador de transimpedancia, que proporciona una salida en voltaje lineal en función de la intensidad de luz registrada, con bajo ruido. Su respuesta espectral va desde los 300 nm hasta los de 1100 nm, con pico máximo de respuesta cercano a los 850 nm. y posee un área sensible de aproximadamente 5 mm<sup>2</sup> (figura 1a).

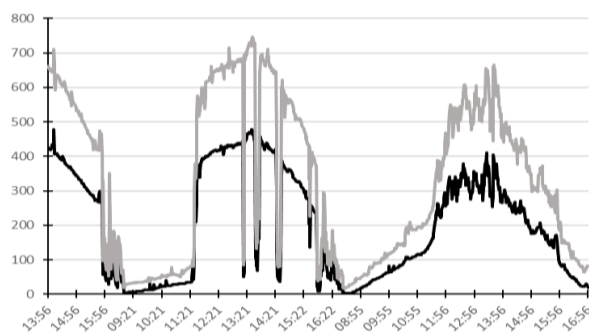


**Figura 1:** Fotografías con detalles: (a) del fotodiodo y CI encapsulado, (b) soporte y difusor PTFE y (c) contraste del sensor.

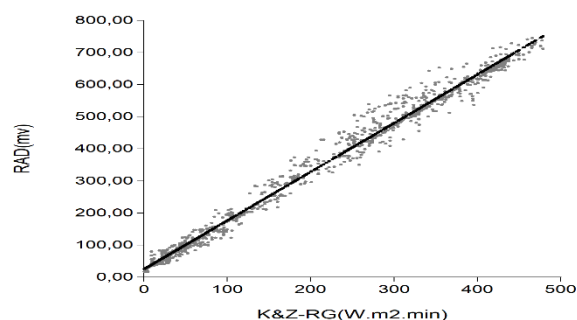
El soporte estructural del prototipo está constituido por una base de aluminio que aloja en su interior un cilindro de PTFE (politetrafluoretileno, teflón) cerrado en su extremo superior con un espesor de 3 mm. que actúa como difusor de la radiación incidente independizando al sensor del ángulo de incidencia de la misma, como lo muestra la figura 1b. El CI va alojado en su interior de manera que el área sensible quede en contacto con el extremo interior antes mencionado. El sensor así construido, fue conectado a un adquisidor digital de diseño propio (Moltoni *et al.*, 2008), montado y puesto a medir a la par de un sensor Kipp & Zonen modelo CHP11 anteriormente mencionado, como se muestran en la Figura 1c.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo de puesta en funcionamiento cercano a 3 días consecutivos de duración y con lecturas pareadas a cada minuto entre ambos sensores permitió arrojar los resultados gráficos presentados en la figura 2, en donde se contrastan los valores de salida en tensión en milivoltios (mV) medidos por el radiómetro prototipo y transformados digitalmente representados mediante el trazo gris y los valores ya transformados de radiación en  $W/m^2 \cdot min$  obtenidos del radiómetro de referencia (trazo negro).



**Figura 2:** Variación de la radiación medida por el radiómetro de referencia (kepp & Zonen, línea negra) y el radiómetro prototipo (línea gris).



**Figura 3:** Recta de regresión. Abscisa, valores medidos por el radiómetro de referencia ( $W/m^2 \cdot min$ ). Ordenadas, valores medidos por el prototipo en voltaje (mV).

El contraste gráfico entre ambas curvas muestra una estrecha relación de paralelismo, lo cual fue confirmado al realizar el análisis de correlación de Pearson que arrojó un valor muy significativo ( $r = 0,99$ ). Este destacable resultado alentó a realizar un modelo de regresión preliminar con los datos observados hasta el momento obteniéndose un  $R^2_{Aj} = 0,98$  al utilizar el prototipo como predictor del patrón, su estrecha relación gráfica es presentada en la figura 3.

En esta pre-calibración la pendiente de la recta resultó de 1,52 mV por cada  $W/m^2 \cdot min$  de incremento del patrón con un intervalo de confianza al 95% muy estrecho entre 1,51 y 1,53 mV. Si bien el valor del prototipo aún está expresado como valor eléctrico y el del patrón ya fue transformado a la unidad física de la variable medida por su fabricante se presenta la fuerte relación existente entre ambos. El sesgo entre ambos es producto del ajuste electrónico mencionado en materiales y métodos, lo que corresponde a un valor de resistencia electrónica del circuito posible de ser ajustada de resultar conveniente obtener una pendiente 1 a 1 entre ambos. La otra alternativa de calibración es permitir el sesgo de la pendiente entre ambos resultados para maximizar electrónicamente la amplificación de salida del prototipo en su rango de medición, logrando así la mayor sensibilidad de lectura posible y posteriormente reconvertir los valores electrónicos mediante ecuaciones de calibración frente a un patrón para pasar a valores absolutos como lo ejemplificado antes.

## CONCLUSIONES

Los promisorios resultados alientan seguir avanzando sobre el sistema para la medición de componentes de la radiación solar en los cultivos, utilizando el radiómetro de diseño propio como base de dicho sistema.

Se considera necesario multiplicar el prototipo y realizar comparaciones más exhaustivas ampliando el rango de valores de radiación a los que se lo ha expuesto en este ensayo, para lograr obtener calibraciones generales y/o particulares que permitan obtener de forma directa valores de energía radiante obtenidos mediante el radiómetro ensayado.

## REFERENCIAS

- Chacón Cardona, C.A.; Cely, O.E.; Guerrero, F. 2008. Diseño y construcción de un medidor de radiación solar. TECNURA, año 12, número 23
- Denegri, M.J.; Righini, R.; Grossi Gallegos, H. 2009. Estudio comparativo del comportamiento de un sensor PAR desarrollado por VNEA. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 13, 2009. Argentina. ISSN 0329-5184
- Moltoni, A., Blasón, A.D., Fernández, N.R. y Rodríguez, R.O. 2008. Prestación, desempeño y confiabilidad de un sistema adquisidor de temperaturas de desarrollo propio. XII RADA, San Salvador de Jujuy, Argentina. CD-Trabajos, n° 073.
- Righini, R. y Grossi Gallegos, H. 2005. Análisis de la correlación entre la radiación fotosintéticamente activa y la radiación solar global en San Miguel, provincia de Buenos Aires. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 9, 2005. Argentina. ISSN 0329-5184
- Vera, L.H.; Busso, A.J.; Benítez, F. 2005. Desarrollo de un sistema de radiación solar. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Resumen T-002.

# ESTRATEGIA ALGORITMICA PARA ESTIMACIÓN DE TEMPERATURAS EN PUNTOS NO CONOCIDOS BASADA EN EL METODO DE DE FINA Y SABELLA

Carletto, J.A.\*; Demichelis, J.P.; Rojas, E.; Sartori, M.L.

*Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de San Luis, Ruta Prov. Extremo Norte – Villa Mercedes, San Luis, Argentina.*

\*Contacto: javiercarletto@gmail.com

**Palabras clave:** algoritmo, Matlab

## INTRODUCCIÓN

Conocer con certeza las condiciones climáticas de una región es un elemento muy importante en múltiples campos de acción.

La estimación de la temperatura ambiental es de gran importancia debido a la amplitud de sus aplicaciones. Para el ingeniero mecánico, por ejemplo, esta información representa un factor crítico al momento de calcular la carga térmica para realizar el sistema de refrigeración y aire acondicionado (Rosario *et. al* 2001), asimismo es fundamental en estudios de enfermedades, pronósticos de epidemias, usos veterinarios, monitoreo medioambiental, estimación de las precipitaciones, pronósticos climáticos, cambios climáticos, evapotranspiración y modelación de rendimientos de los cultivos (Mendez y Venus, 2006) entre otros.

Si bien cada vez son más los puntos que cuentan con registros meteorológicos, en algunos casos puntuales, se necesita conocer la temperatura en lugares alejados de los puntos de medición. Para estos casos existen diversos métodos de estimación y ajuste a partir de datos climáticos (Mendez y Venus, 2006).

Uno de los métodos utilizados para la estimación de temperaturas mensuales promedio es el de gradientes medianos de De Fina y Sabella propuesto en el año 1959. Se presenta en este trabajo una estrategia algorítmica para la aplicación del mencionado método, con el objetivo de facilitar la aplicación de dicho método para cualquier punto de un territorio donde no se cuente con registros meteorológicos.

## MATERIALES Y METODOS

### Registros meteorológicos

Se tomaron datos provenientes de 59 estaciones pertenecientes a la red de estaciones meteorológicas de la Universidad de la Punta (San Luis) para la serie de años 2007-2017. Debido al número y distribución de las estaciones meteorológicas, el algoritmo desarrollado permite aplicar el método en prácticamente toda la provincia de San Luis, a excepción de algunos sectores en los límites de las otras provincias.

### Diseño del algoritmo

Para desarrollar el algoritmo se utilizó el lenguaje MATLAB® (MathWorks 2015) cuya potencialidad para trabajar con gran cantidad de datos permitió implementar la primera versión del algoritmo, utilizándose varias funciones propias del lenguaje, como así también desarrollando varias funciones a medida.

A partir del conjunto de datos provenientes de las estaciones meteorológicas mencionadas se confeccionó una planilla de cálculo con las estaciones en las filas y los valores de latitud, longitud, altitud y temperatura media mensual para cada mes del año en las columnas. Este ordenamiento permite agregar más cantidad de estaciones trabajando directamente sobre la hoja de cálculo sin necesidad de modificar el algoritmo.

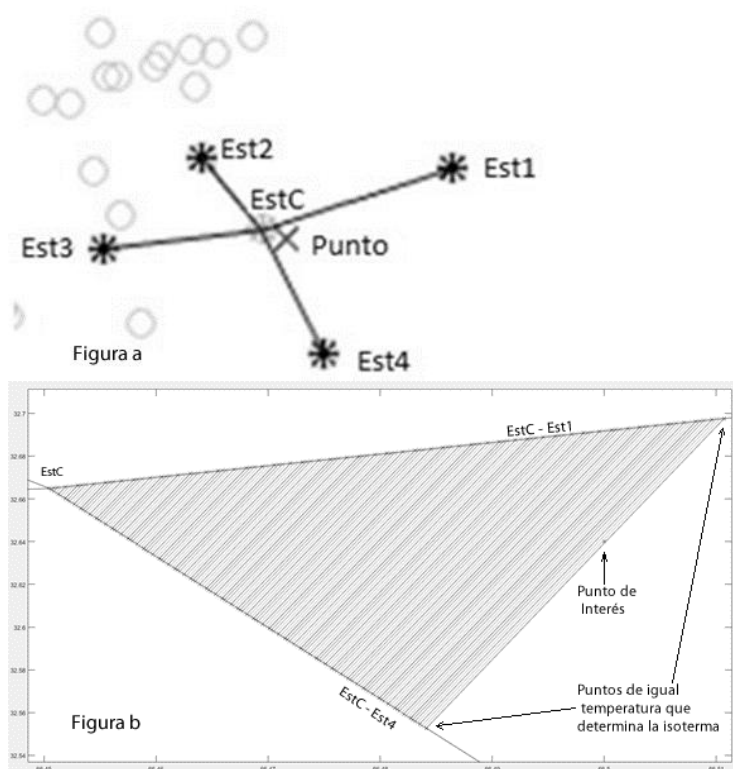
El método desarrollado por De Fina y Sabella, requiere de cinco estaciones meteorológicas, una de las cuales debe estar rodeada por las otras cuatro de tal manera que constituya el centro de una equis o una cruz aproximadamente. Para establecer cuáles son las cinco estaciones óptimas, a partir de la localización (latitud y longitud), el algoritmo determina la estación más próxima al punto cuyos datos se desean estimar, siendo considerada como la central (EstC). Se considera a ese punto como el centro de un sistema cartesiano, que divide al mapa en cuatro cuadrantes lo que facilita la selección de las 4 estaciones faltantes (Est1, Est2, Est3, Est4). Al estar cada estación en un cuadrante distinto, su distribución espacial cumple con la forma geométrica planteada por el método.

En función de las temperaturas y altitudes conocidas el algoritmo calcula los gradientes medianos y las temperaturas medias mensuales para cada estación a nivel del mar. Posteriormente determina en que cuadrante se encuentra el punto en el que se requiere la estimación y si el mismo está por encima o por debajo de la recta que une la estación Centro y la del propio Cuadrante y en función de ello determina entre que segmentos EstC-EstX se encuentra el punto. Ambos segmentos (los que se encuentran a un lado y otro del punto) son divididos en intervalos de 0,01 °C y se trazan las isotermas desde la estación centro hacia los extremos de la equis. El algoritmo traza tantas isotermas como sean necesarias hasta alcanzar el punto deseado, momento en el cual se detiene. La temperatura correspondiente a esa isoterma es la estimada por el algoritmo para ese punto, a nivel del mar, por lo tanto será necesario corregirla por la altitud del punto en cuestión.

El algoritmo prevé una muestra gráfica del resultado además del valor numérico que permite al operador ver las centrales intervinientes para la obtención del resultado.

## RESULTADOS

El algoritmo permite ver gráficamente la selección de las cinco estaciones utilizadas y entrega el valor aproximado de temperatura a partir del trazado de las isotermas. La Figura 1a (izquierda) muestra las ubicaciones de las estaciones y el punto en cuestión y la Figura 1b (derecha), el trazado de las isotermas, donde se observa que una vez alcanzado el punto de interés, el algoritmo se detiene.



**Figura 1. a.** Estaciones meteorológicas seleccionadas y punto de interés (los círculos corresponden a estaciones conocidas) **b.** Isotermas trazadas hasta el punto de interés.

Si bien los primeros resultados son satisfactorios en cuanto a la estimación esperada, y el algoritmo constituye un método sencillo para estimar la temperatura en un punto de interés, se necesitan realizar ajustes para garantizar su desempeño en cualquier parte del territorio, e incluso garantizar que la selección de las centrales sea la óptima para aplicar el método, es decir que sus altitudes sean lo más diferentes posibles, garantizando la fiabilidad del mismo.

## CONCLUSIONES

Se logró diseñar e implementar en versión Alfa, un algoritmo para la estimación de la temperatura media mensual en cualquier punto de la provincia de San Luis, basado en el método de estimación de De Fina y Sabella (1959).

Las primeras evaluaciones del algoritmo fueron aceptables, aunque queda pendiente continuar su desarrollo para alcanzar la versión Beta, de mayor precisión y confiabilidad para cualquier punto.

Los límites del algoritmo no están impuestos por el algoritmo en sí sino por la disponibilidad de datos por lo tanto podría utilizarse en un amplio rango de cobertura que dependerá de la cantidad de estaciones meteorológicas disponibles.

## REFERENCIAS

- De Fina, A.; Sabella, I. J. 1959. Cálculo de temperaturas medias en localidades montañosas carentes de observaciones termométricas. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata, Argentina* 35(2): 127-145
- Méndez Jock, A. A.; Venus, V. 2006. Estimación de la temperatura ambiental a escala regional mediante procesamiento de imágenes de satélites. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, Vol.7, pp.10-20, ISSN 1729-3790
- Rosario Moreno, L.A.; Pereyra E. J.; Vielma J. C. 2001. Estimación de temperatura y humedad relativa en Venezuela mediante redes neuronales *Ciencia e Ingeniería* Vol 22, Núm. 1

# DESARROLLO DE MACROS EN EXCEL PARA PROCESAMIENTO DE DATOS METEOROLÓGICOS

Demichelis, J.P. \*; Carletto, J.A.; Rojas, E.; Sartori, M.L.

UNSL, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias, Villa Mercedes, San Luis, Argentina

\*Contacto: jdemiche@unsl.edu.ar

**Palabras clave:** datos meteorológicos horarios; cálculo de temperaturas medias mensuales

## INTRODUCCIÓN

El conocimiento del clima de una región en particular es un elemento muy importante en ámbitos como los de la agronomía, la ingeniería civil, la arquitectura y otros. Por ejemplo, los cálculos relacionados con el consumo de energía para calefacción implican el manejo de datos de la temperatura del exterior.

Un buen diseño de las construcciones tiene en cuenta los parámetros climáticos promedio con el uso pasivo de la energía solar y criterios prácticos que dependen de la localización (Thomas y Marino, 2008).

En general, el problema del análisis se produce cuando el volumen de datos es importante, tiene distintos formatos y proviene de diferentes fuentes, por lo tanto, es necesario unificarlo para poder visualizarlo en forma global y lograr así una idea del comportamiento general y temporal de los parámetros. En el proceso proyectual, antes de cualquier intervención es necesario fijar las variables del clima, para lo cual existen varias formas de mostrarlas como explica Esteves y Gelardi (2008). Por lo general el tiempo que se le debe dedicar a este tipo de procesamiento es prolongado y no se dispone a priori de herramientas que permitan automatizarlo y unificar las bases de datos en un único archivo. Por lo tanto, surge la necesidad de generar una metodología que permita ahorrar tiempo en el procesamiento de los datos.

El objetivo del presente trabajo es desarrollar Macros de Excel que faciliten el manejo de grandes volúmenes de datos meteorológicos y simplifiquen el proceso del cálculo de temperaturas medias mensuales. Una macro es una acción o un conjunto de acciones que pueden ejecutarse de modo automático repetidas veces (Peña y Orbe-gozo, 2016).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de temperatura del aire tomados cada una hora, provenientes de la Red de Estaciones Meteorológicas de la provincia de San Luis (REM), correspondientes a 58 localidades durante los últimos 10 años. Los datos se obtuvieron desde el siguiente link de acceso público <http://clima.edu.ar/InformePorPeriodo.aspx>, en un formato (.csv) incompatible con el necesario (.xlsm) para el posterior procesamiento. Es importante que los datos obtenidos en cada una de las estaciones, correspondan al mismo período.

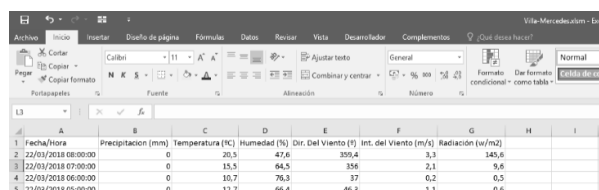
Para unificar el acceso en procesamiento posteriores, cada uno de los archivos obtenidos (Periodo.csv) se colocó en una carpeta a la que se denominó Estaciones. Además, se generó una carpeta a la que se llamó Datos\_Procesados. La primera macro diseñada (CSVtoXLSX) convierte el formato de cada uno de los archivos de origen (.csv) al formato (.xlsx), separando los datos en columnas, dejándolos procesables para las posteriores macros y ubicados en la carpeta Estaciones.

Posteriormente se diseñó una segunda macro (Proc\_Datos) que ordena las columnas de cada uno de los archivos anteriores por año, mes y temperatura. Coloca los datos en una hoja nueva denominada Datos Procesados, ordenándolos de acuerdo al valor de los promedios y posteriormente en otra hoja denominada Promedio Mensual donde los ordena por año y mes. A partir de este momento todos los archivos cambian a la extensión .xlsm y se guardan en la carpeta Datos\_Procesados. Este nuevo formato es similar al de los archivos anteriores, pero con macros habilitadas, las cuales fueron programadas en el lenguaje Visual Basic para Aplicaciones. De esta manera se obtuvo un nuevo archivo con las temperaturas promedios mensuales para cada año y para cada una de las estaciones.

Por último, se generó una nueva macro (Exporta\_Datos) que exporta los datos procesados en los archivos anteriores y los unifica en un archivo denominado Temp\_Mensuales\_EM.

## RESULTADOS

Como se observa en la Figura 1 el resultado del procesamiento de la macro CSVtoXLSX, son archivos con formato .xlsx.



1	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Fecha/hora	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Dir. del Viento (°)	Int. del Viento (m/s)	Radiación (w/m2)		
2	22/01/2018 08:00:00	0	20,3	47,6	395,4	3,3	145,6		
3	22/01/2018 07:00:00	0	15,5	64,5	356	2,1	9,6		
4	22/01/2018 06:00:00	0	10,7	76,3	37	0,2	0,5		
5	22/01/2018 05:00:00	0	12,7	66,4	46,3	2,1	0,6		

Figura 1. Formato del archivo descargado desde la página de la REM y procesado por la primera macro.



Como resultado de la segunda macro se genera un nuevo archivo con las hojas Datos\_Procesados y Promedio\_mensual ejemplificadas en las Figuras 2 y 3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Fecha/Hora	Año	Mes	Temperatura (°C)						
514	Promedio 3	2018	3	21,00						
1186	Promedio 2	2018	2	23,12						
1629	Promedio 1	2018	1	23,47						
2074	Promedio 12	2017	12	23,17						
3395	Promedio 11	2017	11	19,41						
4140	Promedio 10	2017	10	16,30						
4851	Promedio 9	2017	9	13,06						

Figura 2. Hoja Datos Procesados generada por la macro Proc\_Datos para la estación Villa Mercedes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Año	Mes	Temperatura (°C)										
2	2018	3	21,00										
3	2018	2	23,12										
4	2018	1	23,47										
5	2017	12	23,17										
6	2017	11	19,41										
7	2017	10	16,30										
8	2017	9	13,06										
9	2017	8	11,85										
10	2017	7	9,68										
11	2017	6	9,01										
12	2017	5	11,87										
13	2017	4	15,18										

Figura 3. Hoja Promedio mensual generada por la macro Proc\_Datos para la estación Villa Mercedes.

El resultado final de las macros se muestra en la figura 4, donde se observa la presentación ordenada de los datos para cada estación, año y mes. Esto permite una rápida comparación de los valores.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Año	Mes	Aeropuerto	Anchorena	Batavia	Concord	El Durazno	El Traspiche	La Angelina	La Punta	Merlo	Tilsarao	Villa Mercedes
2	2018	4	18,97	18,42	18,48	18,71	16,26	16,32	18,54	19,78	20,80	19,23	21,00
3	2018	3	21,58	19,70	19,88	18,63	17,49	16,83	19,35	21,37	23,03	22,08	23,12
4	2018	2	24,44	23,84	23,27	22,33	20,14	19,89	23,22	23,71	23,45	22,62	23,47
5	2018	1	24,66	24,18	24,05	22,83	20,67	20,27	23,77	24,43	24,16	23,12	23,17
6	2017	12	24,50	21,97	22,73	23,02	20,14	20,22	23,29	23,97	21,68	19,57	19,41
7	2017	11	21,88	18,77	18,49	19,93	17,86	17,06	19,60	21,82	18,20	16,52	16,30
8	2017	10	18,74	15,70	15,31	16,42	14,84	14,09	16,02	18,50	13,94	12,30	13,06
9	2017	9	14,46	12,86	12,81	12,18	11,06	10,41	13,08	14,11	13,00	10,90	11,85
10	2017	8	13,25	10,49	10,94	10,75	10,08	9,59	10,98	13,03	10,64	8,87	9,68
11	2017	7	11,07	9,04	9,10	8,76	7,98	7,09	9,28	10,75	10,52	7,96	9,01
12	2017	6	10,58	8,46	8,66	7,71	7,77	6,44	8,61	10,35	12,86	11,41	11,87
13	2017	5	15,80	11,39	11,50	11,42	10,04	9,68	11,83	12,26	15,91	14,30	15,13
14	2017	4	16,72	14,69	15,27	15,15	13,07	12,71	15,36	16,42	20,94	19,07	19,59
15	2017	3	21,14	19,25	19,15	19,45	17,41	17,66	19,60	21,41	23,15	21,16	22,56
16	2017	2	23,99	23,30	22,75	22,21	19,86	19,89	22,93	23,73	25,19	23,26	24,22
17	2017	1	26,45	24,99	24,25	23,76	21,69	21,99	24,10	26,43	23,75	22,09	23,13
18	2016	12	24,53	23,31	22,72	22,52	20,07	19,93	23,31	24,03	20,00	18,49	19,64

Figura 4. Archivo resultante de la aplicación de todas las macros a partir de datos de varias estaciones.

## CONCLUSIONES

El desarrollo de las macros de Excel permitió automatizar el manejo de grandes volúmenes de datos meteorológicos para el cálculo de temperaturas medias mensuales, representando un importante ahorro en el tiempo de procesamiento de los mismos con respecto a que si se trabajaran de forma manual.

Si bien en este trabajo las macros fueron desarrolladas para la variable temperatura, pueden ampliarse para cualquier otra variable de interés como así también para ser aplicadas en otros archivos que no provengan de la REM pero tengan características similares.

## REFERENCIAS

- Esteves A.; Gelardi D. 2008. Método para el cálculo de grados día de cualquier temperatura base y cualquier localidad. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 12, 2008. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184
- Peña, R.; Orbegozo Arana, B. 2016. Excel 2016 - Manual práctico paso a paso. Alfaomega, Altaria Editorial.
- Thomas L. P.; Marino B. M. 2008. Comportamiento térmico de una vivienda frente a variaciones importantes de temperatura en verano, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente - Vol. 12, 2008. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

# MICRO-RED METEOROLÓGICA EN LA MESOESCALA DEL NORTE PATAGÓNICO, PRIMERA ETAPA

Forquera, J.C. \*; Gonzalez, D.A. \*; Orrego, L.M. \*

Facultad de Cs. Agrarias, Universidad Nacional del Comahue, Cinco Saltos, Argentina

\*Contacto: jcforque@gmail.com

**Palabras clave:** entorno; elementos climáticos; monitoreo

## INTRODUCCIÓN

La Patagonia Norte Argentina presenta una geomorfología que en distancias cortas se visualizan meseta con vegetación xerófila, valles fluviales con ricos suelos aluvionales y cuencas endorreicas con lagos artificiales y vegetación halófila. Lugares que se utilizan para diversas actividades de extracción, producción y recreación.

En el marco de informes IPCC, (2001), (SRES B2) moderado y (SRES A2) severo y derivado de modelos forzantes globales como el HadCM3, investigadores Chilenos Comisión Nacional del Medio Ambiente, (2006) han aplicado modelos regionales proyectados de 25 a 50 años, que alcanzan a Argentina en las coordenadas que nos ocupa, en particular en el trimestre DEF con temperaturas medias  $>24^{\circ}\text{C}$  y precipitación estacional aumentado en un 15% ó más. Proyección, que impactaría en enfermedades de la fruticultura, en Alto Valle RN.

La variabilidad climática es ocupación global y en particular para Argentina, se ha estudiado el impacto sobre vegetación y cobertura de aguas Brendel, *et al.*, 2017, sobre cuenca de arroyo Napostá Chico a través del Índice estandarizado, Precipitación y Evapotranspiración (SPEI), reflejando eventos normales, húmedos y secos extremos extendidos, contranstandos por el Índice Normalizado de Vegetación (NDVI) extraídos del imágenes MODIS. Índices que pueden usarse en la zona de estudio, mejora la explicación areal con los puntos relevados.

Usando datos que corresponden a los reanálisis NOAA-NCEP/NCAR de la NOAA-USA (1998) período 1961-2012, Forquera (2014) detecta en las coordenadas geográficas de seis estaciones de Patagonia Norte anomalías térmicas promedios de  $+1,1^{\circ}\text{C}$  en 2000-2012.

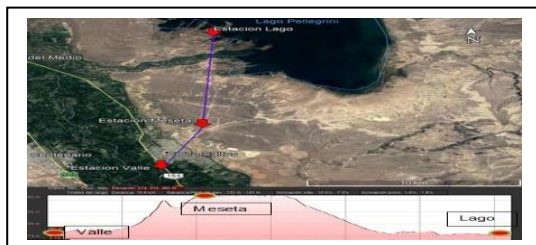
Nueve estaciones meteorológicas en un record de veinte años, distribuidas de oeste a este en la Patagonia Norte, analizadas por Forquera, *et al.*, 2016 determinaron aumentos de amplitud térmica en  $1,3^{\circ}\text{C}$  y anomalías de  $1^{\circ}\text{C}$  en verano, en precipitación, descenso en invierno y aumento en primavera.

El objetivo general del trabajo es ampliar la base de datos climáticos disponibles en la región para diversos fines: agronómicos, industriales, turísticos, aerotransporte y otros. En el orden específico para esta presentación, determinar diferencias en temperatura y humedad del aire para el verano 2017/2018, en tres puntos cercanos y diferentes en su entorno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La base de datos meteorológicos se conforma con estaciones meteorológicas automáticas administradas y controladas por Cátedra Climatología y Fenología Agrícolas FACA-UNCo, (2017). La estación primera y rectora se ubica en el Valle del Río Neuquén, Cinco Saltos (Valle, V.) alt. 285 m.s.n.m. coordenadas geográficas (cg) lt.S.38°56'1g.O.67°59' instalada y en funcionamiento desde 1972. En Octubre de 2017 se agregan dos estaciones con registro de datos cada 10 minutos; en el Parque de Fundación Confluencia a 6 kilómetros de la primera, Cinco Saltos (Meseta, M.) alt.358 m.s.n.m. lt.38°48'1g.68°03'y en el Parque sede de Piscicultura en Lago Pellegrini a 16 kilómetros de la primera, Cinco Saltos (Lago, L.) alt.276 m.s.n.m. lt.38°42'1g.68°02'; esta última, en el seno de una cuenca endorreica.

En los puntos de Valle y Meseta, equipos marca Davis mod.Vantage ProII V.Wireless (USA) con 8 y 7 sensores y en el Lago el equipo es Agrometrix Gea-X1(USA) autónomo, GPRS ó satelital, con 2 sensores.



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones agrometeorológicas y Perfil de elevación (Google Earth Pro).

Se utilizó el soporte GLAM (Global Agriculture Monitoring) de INTA,(2008) para determinar en forma puntual y zonal los (NDVI) (Normalized Difference Vegetation Index); Índices de Vegetación Normalizados. Se analiza variación media de temperatura y humedad relativa del aire, además de NDVI en el entorno de los tres puntos monitoreados, en el período diciembre 2017 a febrero 2018.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período 1995/2015 la estación Valle en el verano arrojó una temperatura media de 21,7°C y una humedad relativa porcentual media de .Asimismo, en el período 2013/2017 tuvo una temperatura media de 22,1°C; temperatura máxima media de 29,9°C, con una temperatura mínima media que se ubicó en 13,4°C.

La humedad relativa media para la estación Valle en el verano entre 1995/2015 llegó a un 49%.

El verano 2017/2018 en puntos relevados por las estaciones meteorológicas, tabla-1 resulta una temperatura media mayor en la estación Meseta junto a la amplitud térmica mínima y por otra parte, en la estación Valle la temperatura media mínima, la temperatura mínima menor y además, la amplitud térmica mayor del grupo. Las temperaturas máximas medias presentan el menor coeficiente de variación. Los índices de vegetación medios normalizados máximo (valle) y mínimo (meseta) se corresponden con amplitudes térmicas máximas y mínimas.

En humedad relativa porcentual para verano 2017/2018, Tabla 2, la estación Valle presenta el mayor valor del grupo en humedad relativa media, humedad relativa máxima media, humedad relativa mínima media y amplitud.

**Tabla 1.** Temperatura (°C) y Ndzi Dic2017 a Feb2018

Ptos. (cg) Entorno	TMd°C media	TMx°C Máx.	TMn°C Mín.	AT°C mx- mn	Ndzi
Est.Valle	21,3	30,8	13,0	17,8	0,4/0,5
Est.Meseta	24,3	31,8	17,0	14,8	0,1
Est.Lago	23,7	32,2	15,4	16,8	0,2
CV%	6,9	2,3	13,3	9,3	

**Tabla 2.** Humedad Relativa (%) Dic2017 a Feb2018  
Valores medios y extremos medios con amplitudes

Ptos.(cg) Entorno	HRMd% media	HRMx% Máxima	HRMn% mínima	AH% mx- mn
Est.Valle	54	85	25	60
Est.Meseta	36	58	18	40
Est.Lago	39	70	18	52
CV%	22,4	19,1	19,9	19,9

La variación de humedad relativa media porcentual del aire entre las tres estaciones meteorológicas, en el verano 2017/2018 es tres veces mayor que la temperatura media del aire; con mínimo en estación Meseta y máximo en estación Valle, diferencia 18%. En humedad relativa máxima media la diferencia es 27%.

En temperatura media y mínima, el mayor valor corresponde a estación Meseta, y en temperatura máxima media corresponde a estación Lago; la temperatura mínima media más baja corresponde a estación Valle.

En los puntos de Valle y Meseta para verano 2017/2018 el elemento climático precipitación de la tabla-3 se comporta similar, aunque no es así en radiación solar global y viento cuyos valores más altos se produjeron en estación Meseta. Las estaciones Meseta y Lago, es el primer verano que registran datos continuados.

Ptos.(cg)	Rad Gbl	RadMxGbl	Viento	Vto.Mx	Dirección	Ppción
Est.Valle	482	548	2,0	7,4	SSO	40,8
Est.Meseta	528	603	13,8	26,5	SSO	50,8

**Tabla 3.** Promedios Verano 2017/2018: Radiación Solar Global (watt/m<sup>2</sup>), Viento Medio (km/h), Cuadrante ó Dirección, precipitación (mm)

## CONCLUSIONES

En el verano 2017/2018, la temperatura media del aire, resultó mayor en la estación Meseta, la máxima en la estación Lago y la mínima en estación Valle, que también registró la mayor amplitud térmica. Los valores de NDVI de verano, disminuyen, conforme disminuye la vegetación.

La humedad relativa porcentual del aire, para los valores medios es inverso a la temperatura y el extremo máximo medio se produjo en la estación Valle y el extremo mínimo medio coincidió en estación Meseta y Lago.

La radiación global de estaciones requiere contraste de valores. En viento y precipitación son aceptables.

## AGRADECIMIENTOS

A personal no-docente y estudiantes FACA-UNCo; Fundación Confluencia y ENDECIC.

## REFERENCIAS

- Brendel, A.; Bohn, V.; Piccolo, C. 2017. Efecto de la Variabilidad Climática Sobre el Estado de la Vegetación y la Cobertura de Agua en una Cuenca de Clima Templado (Argentina). Anuario Igeo-, 40(2), 25.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente. 2006. Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI. Recuperado el 8 de 5 de 2018, de [http://uchile.cl/PRECIS/articles-39442\\_pdf\\_Estudio\\_texto\\_pdf](http://uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_Estudio_texto_pdf).
- Forquera, J. 2014. Elementos Climáticos y anomalías en los períodos 1961-1980;1981-2000 y 2001-2014 de la región norte en la Patagonia Argentina (-37°S;-43°S y -56°W;-72°W). Neuquén: Informe inédito.
- Forquera, J.; Gonzalez, D.; Prieto, C. 2016. Termopluriometría y efecto Niño en la Patagonia Norte. Ralda2016 (pág. 2). Puerto Madryn, Chubut.: Ralda-RalMercosur.
- INTA. 2008. sepa.inta.gob.ar. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de [sepa.inta.gob.ar](http://sepa.inta.gob.ar): [www.sepa.inta.gob.ar](http://www.sepa.inta.gob.ar)
- IPCC. 2001. Climate Change:The Scientific Basis, Third Assessment Report.
- NOAA-USA. 1998. NCEP/NCAR Reanalysis. Recuperado el 15 de 8 de 2013, de [noaa.com: http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgibin/data/composites/printpage.pl](http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgibin/data/composites/printpage.pl)

## **ÁREA TEMÁTICA 4**

### **Teledetección y Geoprocesamiento**



# EXPLORACIÓN DE UN NUEVO ÍNDICE DE ANEGAMIENTO E INUNDACIÓN SOBRE LA LLANURA PAMPEANA

Sörensson, A.A.<sup>1\*</sup>; Cappelletti, L.<sup>2</sup>; Ruscica, R.C.<sup>1</sup>; Salvia, M.<sup>3</sup>; Jobbágy, E.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, Ciudad Universitaria, 1428 CABA, Argentina

<sup>2</sup> Departamento de Física, Ciudad Universitaria, 1428 CABA, Argentina

<sup>3</sup> Instituto de Astronomía y Física del Espacio, Ciudad Universitaria, 1428 CABA, Argentina

<sup>4</sup> Instituto de Matemática Aplicada San Luis, Avda. Italia 1556, 5700 San Luis, Argentina

\*Contacto: sorensson@cima.fcen.uba.ar

**Palabras clave:** duración del secado del suelo; SMOS; ORCHIDEE

## INTRODUCCIÓN

Las llanuras Pampeanas sufren inundaciones largas y no-periódicas, relacionadas con la elevación de las napas freáticas (Aragon *et al.*, 2010; Kuppel *et al.*, 2015). Estas inundaciones son una amenaza a las actividades productivas, a la infraestructura urbana (como las vías de transporte) y a la salinización del suelo de la llanura Pampeana (Viglizzo y Frank, 2006; Taboada *et al.*, 2009). En este trabajo se explora la posibilidad de detectar napas freáticas altas y riesgo de inundación mediante el estudio de la duración del secado de suelo, medido por el satélite SMOS y modelado por el modelo de superficie terrestre ORCHIDEE.

Si bien las técnicas de medición in situ son la mejor aproximación a valores locales de humedad de suelo (HS), por ser una variable con pocos registros de medición en la región y extremadamente heterogénea, a escala regional la HS se puede obtener de modelos de suelo y de productos satelitales.

El valor absoluto de la HS no es directamente comparable entre modelos y satélites (Grings *et al.*, 2015). En cambio, el proceso de secado del suelo es una manera de estudiar la dinámica de la HS desde un enfoque integral de la respuesta del suelo a las condiciones meteorológicas, las propiedades geofísicas y la vegetación del suelo durante un periodo sin precipitaciones. Esta última es una metodología fortuita, que permite aprovechar la gran disponibilidad de datos satelitales de HS y mejorar la capacidad de los modelos en representar procesos físicos del ciclo hidrológico (Rondinelli *et al.*, 2015; Shellito *et al.*, 2018; Ruscica *et al.*, 2018).

El eje principal de este trabajo se da en torno a las napas freáticas cercanas a la superficie (<1m), donde la infiltración puede ser muy lenta o completamente inhibida, e incluso el agua puede subir a la superficie por capilaridad, lo cual prolonga la duración del secado. En el presente trabajo se explora si la duración del secado de suelo, adquirida por medio de datos satelitales y simulaciones de un modelo de superficie, puede utilizarse como un indicador cualitativo de napas altas, anegamientos e inundaciones.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se comparará la duración del secado ( $\tau$ ) de datos del satélite SMOS con el  $\tau$  del modelo de superficie ORCHIDEE. Además, se analizarán los datos forzantes (p.e. precipitación y radiación) y las variables calculadas (p.e. evapotranspiración y perfil de humedad de suelo) de ORCHIDEE, para entender los procesos que rigen el secado. La magnitud  $\tau$  se obtiene mediante un ajuste exponencial de la evolución temporal decreciente de la HS luego de un incremento considerable (dado por lluvia principalmente). Se define específicamente como el tiempo que tarda el suelo en secarse en un factor e (e es el número de Euler). El período de estudio es 2010-2014. Durante este período ciertas regiones de la Pampa interior y la Pampa deprimida presentaron inundaciones (Kuppel *et al.*, 2015). El satélite SMOS (Soil Moisture Ocean Salinity, Kerr *et al.*, 2012) está dedicado a la obtención del producto de HS a una profundidad de ~5cm, usando las temperaturas de brillo (TBs) medidas en banda L (1.4 GHz, microondas, resolución espacial ~25 km). La importancia de SMOS radica en que sus mediciones de TB en banda L son menos atenuadas por la cobertura vegetal (con respecto a longitudes de onda más cortas), permitiendo la obtención de datos confiables a mayores densidades de vegetación.

El modelo ORCHIDEE es un modelo de la biosfera terrestre y el componente de superficie del modelo global de IPSL (Guimbertau *et al.*, 2012). En los últimos años se mejoró su rendimiento con respecto a versiones anteriores. Por ejemplo, se incrementó de 2 a 11 la resolución vertical de las capas de HS en el suelo del modelo. Este incremento de la discretización vertical mejora la representación de procesos como la infiltración, que en el contexto de la investigación es extremadamente valiosa para la comparación con datos satelitales de HS en la capa superficial de suelo.

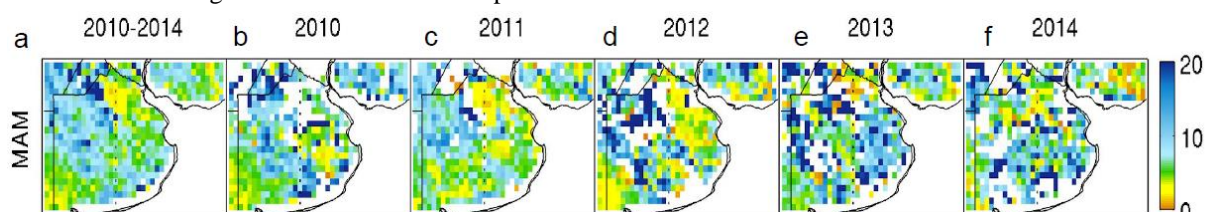
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el  $\tau$  mediano durante los otoños (definido del 1 de marzo al 31 de mayo, MAM) de los años 2010-2014 (Figura 1a) y durante cada otoño por separado (Figura b-f). Lo primero que se observa en la Figura 1a es que la variabilidad espacio-temporal es muy grande, ya que  $\tau$  toma valores desde 1 día hasta más de 20 días. El presente trabajo buscará entender los procesos que rigen estas diferencias.

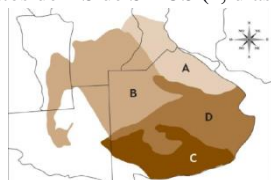
La llanura Pampeana se puede dividir en cuatro regiones (Figura 2) debido a sus características geográficas, muchas de las cuales rigen la dinámica de la napa freática. La región A en la Figura 2 se llama Pampa ondulada y recibe cerca de 1200mm de lluvia anuales. Sin embargo, por su sistema desarrollado de drenaje natural, tiene

napas medias profundas y la región no sufre inundaciones tan frecuentemente. En cambio, las regiones denominadas Pampa interior (región B) y la Pampa deprimida (región D) son conocidas por sus napas freáticas más cercanas a la superficie y por ser regiones donde se producen las inundaciones.

En la Figura 1a se puede apreciar que el  $\tau$  es menor en la región A respecto a las regiones B y D. Esto podría indicar la posibilidad de que la técnica del secado diferencie entre zonas de napas elevadas y profundas. Como un primer acercamiento a contestar el cuestionamiento si SMOS además puede detectar la evolución temporal de la altura de la napa freática, la Figura 1b-f muestra cada otoño individual del período 2010-2014. Estudiar estaciones individuales hace que la robustez estadística decrezca, ya que se tienen pocos eventos por estación (nótese que los puntos blancos representan carencia de eventos). Sin embargo, como resultado preliminar se puede destacar algunas diferencias entre los patrones espaciales de los diferentes años. En particular, la inundación que ocurrió en el noreste de la región D (Figura 2) durante la segunda parte de 2012 ha sido documentada por Kuppel *et al.*, 2015. Esta inundación fue precedida por un año y medio de déficit de lluvia. Comparando las Figuras 1d y 1e, se puede notar que en el otoño de 2012 esta región presenta un  $\tau$  de 2 días, sugiriendo napas profundas y condiciones secas, mientras en el otoño del 2013  $\tau$  es entre 10 y 20 días para la misma región, lo que indicaría una situación de anegamiento / inundación / napas elevadas.



**Figura 1:** La duración mediana del secado para los 5 otoños abarcados por el presente estudio (2010-2014), estimado por datos de HS de SMOS ( $\tau$ , días).



**Figura 2:** Las regiones pampeanas por Soriano *et al.*, 1991.

## CONCLUSIONES

Existen indicios de que la técnica expuesta, basada en la duración del secado del suelo, puede emplearse para la detección de napas freáticas elevadas. Se necesita de un análisis más profundo de los procesos físicos involucrados y de periodos más extensos para determinar la utilidad de esta técnica como indicador de anegamientos e inundaciones.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a los proyectos PICT 2014-0887, PICT-2017-1406 y CRN 3035 del “Inter-American Institute for Global Change Research (IAI)”.

## REFERENCIAS

- Aragón, R., E. G.; Jobbágy, E. F.; Viglizzo, E. 2010. Surface and groundwater dynamics in the sedimentary plains of the Western Pampas (Argentina), *Ecohydrology*, 4(3), 433–447.
- Guimberteau, M. et al., 2012. Discharge simulation in the sub-basins of the Amazon using ORCHIDEE forced by new datasets, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 16, 911-935.
- Grings F. 2015. Validation strategies for satellite based soil moisture products over Argentina Pampas. *IEEE JSTARS*, 8: 4094 – 4105.
- Kerr Y., et al. 2012. The SMOS soil moisture retrieval algorithm, *IEEE Trans. Geosci. Rem.Sens.*, vol. 50, pp. 1384–1403.
- Kuppel, S., Houspanossian, J.; Nosetto, M.; Jobbágy, E. 2015: What does it take to flood the Pampas: Lessons from a decade of strong hydrological fluctuations, *Water Resour.Res.*, 51, 2937–2950.
- Rondinelli, W. y otros. 2015. Different Rates of Soil Drying after Rainfall Are Observed by the SMOS Satellite and the South Fork. In *Situ Soil Moisture Network*, J. Hyd., Vol. 16, 889-903.
- Ruscica R., Salvia M., Polcher J., Sörensson A., Piles M., Jobbágy E., Karszenbaum H., 2018. Surface soil moisture dry-down in a land-atmosphere hotspot observed by SMOS and AMSR/2, and modelled by ORCHIDEE, 8th GEWEX open science conference: Extremes and water on the edge, Canmore, Alberta, Canada.
- Shellito, P. J. y otros 2018. Controls on surface soil drying rates observed by SMAP and simulated by the Noah land surface model, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 22, 1649-1663.
- Soriano A., y otros 1991. Río de la Plata Grasslands. En: Copeland, RT (Ed.), *Ecosystems of the World. Natural Grasslands, Introduction and Western Hemisphere*. Elsevier, New York, pp. 367-407.
- Taboada, M.A.; Damiano, F.; Lavado, R. 2009: Inundaciones en la Región Pampeana. Consecuencia sobre los suelos. pag. 103-127. En: Taboada y Lavado (Ed.). *Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones*. EFA, Buenos Aires. ISBN 978-950-29-1162-5.
- Viglizzo, E. F.; Frank, F.C. 2006. Ecological interactions, feedbacks, thresholds and collapses in the Argentine Pampas in response to climate and farming during the last century. *Quat. Int.*, 158(1), 122–126.



# EVALUACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NIEVE A PARTIR DE IMÁGENES LANDSAT Y MODIS

Almonacid, L.R.<sup>1\*</sup>; Díaz, B.G.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Convenio Municipalidad de Río Gallegos – INTA EEA Santa Cruz

<sup>2</sup> INTA – EEA Santa Cruz, Mahatma Gandhi 1322, Río Gallegos (CP9400), Argentina.

\*Contacto: almonacid.r.leandro@gmail.com

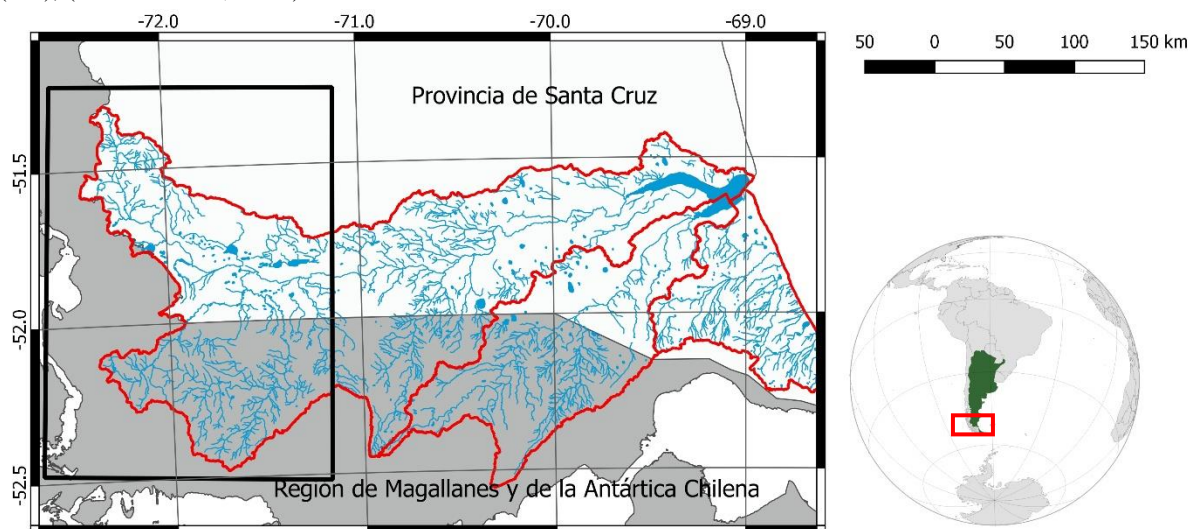
**Palabras clave:** teledetección; Patagonia Austral; hidrología

## INTRODUCCIÓN

El agua disponible en el suelo representa el principal factor condicionante de la variación interanual de la Productividad Primaria Neta Aérea, sustento energético de la ganadería extensiva en la Patagonia Austral. En ésta, la producción de agua a partir de la fusión de nieve estacional resulta de gran importancia durante el rebrote del pastizal, convirtiendo a las precipitaciones sólidas en un recurso fundamental (Jobbagy y Sala, 2000). Su estudio resulta complejo en áreas en las cuales no se dispone de apropiadas redes de monitoreo nivométrico. Actualmente se dispone de metodologías de bajo costo, útiles para el monitoreo espacial y temporal de la cobertura nival a gran escala basadas en la teledetección (Salcedo, 2011). El objetivo del presente trabajo consistió en el análisis comparativo de metodologías de mapeo automatizado de coberturas de nieve en el sur de la provincia de Santa Cruz, utilizando productos satelitales Landsat y Modis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de interés se encuentra en el tramo superior de la Región Hidrográfica (RH) del Río Gallegos (Figura 1), en el sur de Santa Cruz. Se trabajó con imágenes del sensor Landsat 7 ETM+ y dos productos diarios del sensor TERRA Modis, en tres fechas coincidentes para éstos (2002-05-03, 2002-07-22 y 2003-03-19). Se evaluaron 4 metodologías de identificación de nieve, dos de ellas con Landsat 7 utilizando el algoritmo desarrollado por Dozier (1989) con umbrales de detección propuestos por el autor (L1) y con variaciones en sus rangos de detección (L2) a partir de las propuestas, entre otras, por Cea López *et al.*, (2006) y Salcedo (2011); y dos con productos Modis, la cobertura de nieve diaria MOD10A1 (M1) y la reflectancia diaria de superficie MOD09 (M2), (Vermote *et al.*, 2015).



**Figura 1.** Ubicación del área de trabajo (recuadro negro) dentro de la Región Hidrográfica del río Gallegos (trazado en rojo).

El algoritmo de Dozier (1989) se basa en tres criterios de clasificación de píxeles: (a) un índice normalizado de nieve (NDSI), un umbral de referencia en el canal azul (B1) y otro en el canal infrarrojo medio (B5). Los valores de reflectancia del píxel que los identifica como cobertura de nieve son para Dozier (1989), (L1):  $NDSI > 0,40$ ;  $B1 > 0,16$ ;  $B5 < 0,20$ . La propuesta de rangos modificada asumió los siguientes valores (L2):  $NDSI > 0,50$ ;  $B1 > 0,20$ ;  $B5 < 0,10$ . MOD10A1 (M1) consiste en un producto procesado y ofrecido libremente por National Snow and Ice Data Center (<http://nsidc.org>), mientras que M2 se elaboró a partir del producto MOD09 con las primeras siete bandas procesadas y clasificadas de acuerdo al método de Hall *et al.*, (2001). Para analizar la sensibilidad y precisión de estos cuatro métodos se estableció una “verdad de terreno” (VT) a partir de una clasificación visual de píxeles testigo sobre una composición Landsat 7 RGB543 de cada fecha de referencia. Luego, cada método fue comparado con la VT en 34 matrices de control de 3x3 píxeles dentro del área de estudio. Se evaluó la precisión global promedio (PGp), definida como la suma de los aciertos nieve-nieve y no nieve-



no nieve, en relación al total de observaciones. Los desaciertos fueron clasificados como de comisión (cuando un método identifica nieve cuando no lo es) y de omisión (cuando un método no identifica nieve cuando si lo es). Se ensayó el estadístico chi-cuadrado ( $X^2$ ) a fin de establecer si existieron diferencias estadísticas entre los resultados de tipo categórico nominal logrados por los diferentes métodos. Los valores de  $X^2$  fueron comparados con la distribución de probabilidad para un nivel de  $\alpha = 0,05$  con 1 grado de libertad para evaluar su significancia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

L1 y L2 presentaron una similar PGp de 86% y 89% respectivamente, sin diferenciarse estadísticamente entre sí ( $\alpha < 0,05$ ). Sin embargo, al analizar el tipo de error presentado, L1 presentó una significativa mayor cantidad de errores de comisión (11%) a diferencia de L2 (3%). Esto determina una sobrestimación de la cobertura de nieve mediante L1, en donde la principal causa fue la interferencia de nubes. Por otro lado, la mayor cantidad de errores de omisión para L2 (7%) son atribuibles a la presencia de sombreamiento topográfico, en donde el método no logra identificar claramente nieve en sitios con presencia, como así también a un problema de saturación en píxeles con elevados valores de brillo.

Los productos TERRA Modis revelaron un 66% de PGp para M1 y un 86% para M2, valores significativamente diferentes entre sí a un  $\alpha < 0,05$ . Ambos métodos también difieren significativamente en el desempeño de los errores de omisión habiendo resultado en un 26% para M1 y en un 4% para M2. Esta confusión se incrementó para M1 en días con mayor nubosidad, disminuyendo un 35% la precisión en comparación al valor medio. Las pruebas M2 utilizando el producto MOD09 permitieron obtener una predicción de cobertura nival similar al obtenido mediante el método L2. Esto permitió comprobar que la máscara de nubes representa una importante fuente de confusión del producto MOD10A1, tal como lo señalan Hall *et al.* (2002) y López *et al.* (2008).

## CONCLUSIONES

Los métodos ensayados de detección automática de coberturas estacionales de nieve en la región de interés demostraron que las imágenes Landsat permiten su mapeo con muy buena precisión, en particular a partir del reajuste de rangos propuesto respecto al método original de Dozier (L1). La baja frecuencia de revisita de los satélites L7 y L8 (16 días) en regiones del planeta con densa y recurrente cobertura de nubes en especial en algunas estaciones de interés como el invierno en Patagonia Austral representan una importante limitación para su aplicación en estudios multitemporales. TERRA y AQUA Modis representan una solución a este inconveniente al realizar hasta dos tomas diarias de un mismo territorio, aumentando de manera considerable la capacidad de generación de mapas de cobertura, así como la probabilidad de adquisición de tomas en momentos libres de nubosidad. Entre los productos Modis ensayados el mejor desempeño lo evidenció el de reflectancia diaria de superficie, con predicciones de cobertura similares a L2. Así, MOD09 representa una buena herramienta de precisión para la generación de cartografía automática de cobertura nival estacional.

## REFERENCIAS

- Cea López, C.; Cristóbal Rosello, J.; Pons Fernández, X. 2006. Mejoras en la determinación de la cubierta nival mediante imágenes Landsat y Modis. En: XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, 2006, Granada, España, p.65–78.
- Dozier, J. 1989. Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. *Remote Sensing of Environment* 28:9-22.
- Hall, D.K.; Riggs, G.A.; Salomonson, V.V.; Digirolamo, N.E.; Bayr, K. 2002. MODIS snow cover products. *Remote Sensing of Environment* 83:181-194.
- Hall, D.K.; Riggs, G.A.; Salomonson, V.V. 2001. Algorithm theoretical basis document (ATBD) for the Modis snow and sea ice-mapping algorithms. <https://modis-snow-ice.gsfc.nasa.gov>, consultado el 28/09/2016.
- Jobbagy, E.; Sala, O. 2000. Controls of Grass and Shrub Aboveground Production in the Patagonian Steppe. *Ecological Applications* 10:541 – 549.
- López, P.; Sirguey, P.; Arnaud, Y.; Pouyaud, B.; Chevallier, P. 2008. Snow cover monitoring in the Northern Patagonia Icefield using Modis satellite images (2000-2006). *Global and Planetary Change* 61:103-116.
- Salcedo, A.P. 2011. Estimación de área cubierta de nieve en cuencas con elevado aporte de fusión utilizando datos ERS-2. Tesis Mg. Sci. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Vermote, E.F.; Roger, J.C.; Ray J.P. 2015. Modis surface reflectance user's guide, v.1.4. <http://modis-sr.ltdri.org>, consultado en 01/10/2017.

# CARTOGRAFÍA DIGITAL PLUVIOMÉTRICA PARA LA PROVINCIA DE LA PAMPA

Roberto, Z.E.<sup>1</sup>; Belmonte, M.L.<sup>1\*</sup>; Carreño, L.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> EEA Anguil "Ing. Agr. Guillermo Covas", INTA. CC 11 (6326) Anguil, La Pampa, Argentina

\*Contacto: belmonte.maria@inta.gob.ar

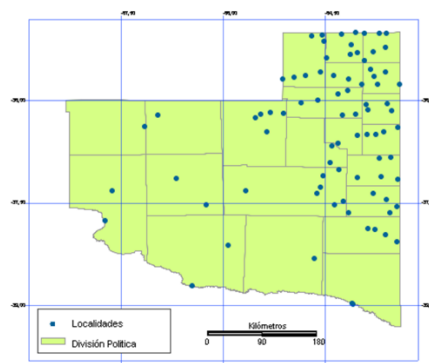
**Palabras clave:** precipitaciones; mapas digitales; SIG

## INTRODUCCIÓN

El régimen pluviométrico de una zona está definido por la variación geográfica, temporal y estacional de las precipitaciones pluviales. Su conocimiento es relevante en estudios hidrológicos y en determinación de potencialidades climáticas y productivas, entre otros. Una manera de conocer la distribución espacial de un elemento tan irregular como la lluvia en un área, es a partir de mapas de superficie continua generados con la información registrada por una red de pluviómetros localizados. Es posible construir cartografía utilizando herramientas tales como sistemas de información geográfica (SIG), métodos estadísticos y técnicas de interpolación espacial. No existen antecedentes para la provincia de La Pampa de información pluviométrica histórica en mapas de superficie continua, que permita aprovechar la importante red pluviométrica que opera actualmente. Teniendo en cuenta esto, el presente trabajo tuvo como objetivo generar y poner a disposición, cartografía digital relacionada con el régimen de precipitaciones de la provincia de La Pampa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la generación de los mapas, se utilizaron datos pluviométricos en resolución temporal diaria, correspondientes a 87 localidades de la provincia de La Pampa. Esta información se obtuvo a partir de la red pluviométrica provincial, actualmente operada por la policía local y gestionada por la Administración Provincial del Agua (APA) (Fig. 1)



**Figura 1.** Red Pluviométrica actual de la provincia de La Pampa

En un primer paso, se construyeron bases de datos en formato dBase de: precipitación mensual y anual durante el periodo 2000-2014; promedios mensuales y anuales históricos de 30 años del periodo 1984-2014 y de 5 y 10 años de los periodos 2010-2014 y 2005-2014 respectivamente; y de valores máximos y mínimos históricos de 30 años (1984-2014). En una segunda etapa, las bases de datos fueron linkeadas a la capa temática (shape) de las localidades. A continuación, mediante interpolación se generaron mapas de precipitación, para lo cual se utilizó el algoritmo IDW (inverso a la distancia) realizado con módulo sextante-rasterización/interpolación. Sobre la base de mapas de precipitación anual y de promedios históricos se crearon las isohietas (cada 100 mm.) y se calcularon las anomalías interanuales mediante la siguiente fórmula:

$$Pi (\%) = \left[ \frac{Pi - \bar{Pi}}{\bar{Pi}} \right] \cdot 100 \quad (1)$$

donde:

$APi (\%)$  = Anomalía pluviométrica del año  $i$ , en porcentaje

$Pi$  = Precipitación del año  $i$ , en milímetros

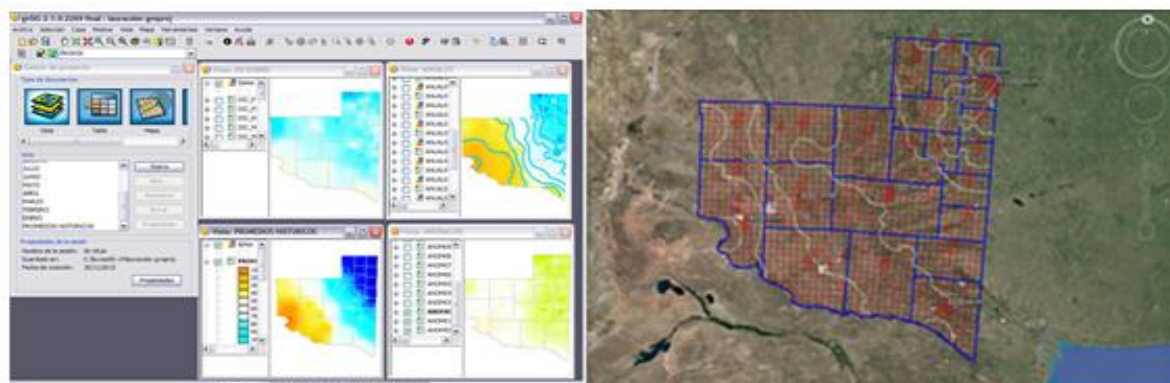
$\bar{Pi}$  = Precipitación media del periodo 1984-2014, en milímetros

Para todo el procesamiento se utilizó software libre de sistema de información geográfica, gvSIG versión 2.1 (gvSIG, 2015), con el que se construyeron vistas mensuales, anuales, promedios históricos y de anomalías.

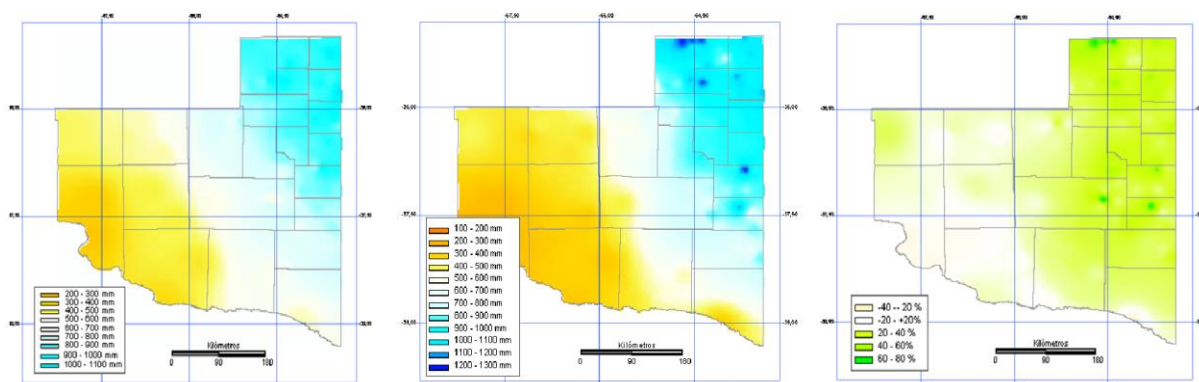
## RESULTADOS

Quedaron constituidos un total de 311 mapas digitales en resolución temporal mensual y anual, y resolución espacial de 400 ha, en formatos raster, vectorial y kml. El producto se encuentra disponible en formatos y entornos de acceso público en DVD (Roberto *et al.*, 2016) y en la Infraestructura de Datos Espaciales de Inta (Geointa). El formato kml se generó para quienes no sean usuarios regulares de un software apropiado para el manejo de SIG, pudiendo visualizar la información en el Google Earth (Fig. 2).

A modo de ejemplo, se presenta el mapa de anomalías de precipitación del año 2002 en La Pampa, obtenido a partir de las capas de precipitación anual promedio histórica y de precipitación anual 2002 (Fig. 3).



**Figura 2.** Visualizador de mapas del gvSIG mostrando mapas de precipitación mensual, anual, promedio histórico y anomalías de la provincia de La Pampa (izquierda) y muestra de un Kml de isohietas visualizado en Google Earth (derecha).



**Figura 3.** Mapa de anomalías de precipitación del año 2002 (derecha), obtenido a partir de la capa de precipitación anual promedio histórica (izquierda), y la capa de precipitación anual 2002 (centro).

Las capas logradas son independientes, lo que posibilita reagruparlas personalizándolas según las necesidades del usuario, como por ejemplo sumar los meses por estación, para el periodo de un cultivo, etc.

## CONCLUSIONES

Se creó información climática en formato de mapas digitales a partir de la precipitación registrada en puntos localizados de una red pluviométrica terrestre de la provincia de La Pampa, en una serie de 30 años. Una característica importante de los mapas elaborados en un entorno SIG, es que permiten el manejo digital de la información, consultar los valores de la variable para cada pixel, y crear nuevos mapas. La presentación de esta información en formatos y entornos de acceso público se encuentra disponible para ser utilizada y/o analizada mediante sistemas de información geográfica y otros servidores como, por ejemplo, Google Earth, siendo a su vez adaptables a las necesidades de cada usuario.

## REFERENCIAS

- APA – Administración provincial del agua. Gobierno de La Pampa. <http://www.apa.lapampa.gov.ar>
- Geointa (Infraestructura de Datos Espaciales de Inta). Mapas temáticos generales de la provincia de La Pampa. Proyecto AERN 4641. Inta. [www.geointa.inta.gov.ar](http://www.geointa.inta.gov.ar)
- gvSig, versión 2.1, año 2015. Software de Sistema de Información Geográfica, libre y gratuito. <http://www.gvsig.org>
- Roberto, Z.E; Belmonte, M.L; Carreño, L.V. 2016. Mapas de precipitación de la provincia de La Pampa (período 1984-2014). Boletín de divulgación Técnica N° 115. ISSN Impreso 0325-2167. Edición especial en CD-Rom. <https://inta.gov.ar/documentos/mapas-digitales-de-precipitacion-de-la-provincia-de-la-pampa-periodo-1984-2014>.

# TVDI: UN ÍNDICE SATELITAL OPERATIVO PARA EL MONITOREO DE SEQUÍA Y EXCESOS HÍDRICOS

Carrasco Galleguillos, F.C.<sup>1\*</sup>; Basualdo, A.<sup>1</sup>; Boragno, S.<sup>1</sup>; Occhiuzzi, S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Oficina de Riesgo Agropecuario, Ministerio de Agroindustria, Avda. Paseo Colón 922, piso 2, oficina 233/234, CABA, CA1063ACW

\*Contacto: fcarrasco@magyp.gob.ar

**Palabras clave:** TVDI; sequía, MODIS

## INTRODUCCIÓN

La oficina de riesgo agropecuario (ORA, [www.ora.gov.ar](http://www.ora.gov.ar)) tiene como tarea el monitoreo y evaluación de impacto agronómico de fenómenos meteorológicos adversos. Entre estos fenómenos, los que más extensamente afectan a la producción agropecuaria nacional de cultivos extensivos de secano son las importantes anomalías en la disponibilidad de agua, es decir, déficits y excesos hídricos.

Desde hace más de una década, ORA mantiene operativo y disponible a través de su página web un modelo de balance hídrico diario que estima el contenido de humedad en el suelo en función de información edáfica, agronómica y meteorológica provista por las redes oficiales. El balance hídrico ha demostrado modelar adecuadamente los periodos secos y húmedos en áreas con mayor densidad de estaciones meteorológicas, pero existe gran incertidumbre en los resultados que el mismo arroja en áreas con baja cobertura de estaciones. Con el fin de complementar y validar los resultados del modelo de balance hídrico, se decide desarrollar un método de monitoreo operativo de la humedad en el suelo que estime la misma en función de información totalmente independiente a la utilizada para alimentar el modelo del balance hídrico. Esta metodología fue desarrollada en conjunto con el Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA) y considera sólo datos estimados a partir de instrumentos satelitales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

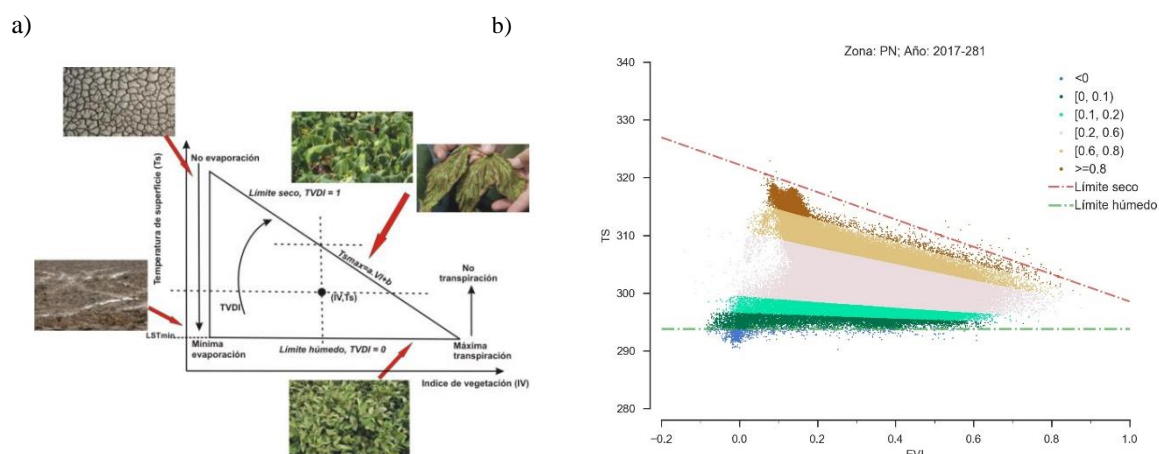
Para el cálculo del índice satelital, se utilizan los datos de MODIS en su versión 6 de EVI (Enhanced Vegetation Index) y de LST (Land Surface Temperature). Ambos datos se encuentran en retículas sinusoidales con resolución de 1km y los datos se obtienen cada 16 y 8 días, respectivamente y que se pueden descargar gratuitamente del sitio <https://search.earthdata.nasa.gov/>. Uno de los problemas que enfrentaba ORA para el seguimiento de la campaña actual, es que los parámetros que se utilizaban para el cálculo del índice se hicieron para la versión 5, la cual sólo está disponible hasta 2017. Como consecuencia, se tuvo que actualizar los parámetros de cálculo.

Para la estimación de los parámetros a utilizar con el TVDI, la idea principal es combinar EVI y LST de manera de estimar la cantidad de evapotranspiración ocurrida. Por un lado, el EVI al ser un índice de vegetación, da la idea de la vigorosidad y la cobertura presente, mientras que la LST da cuenta de la distribución de la energía en los distintos procesos en el suelo, como puede ser el flujo de calor latente. Los parámetros se calculan a partir de un diagrama de dispersión de los pixeles de EVI y LST. En teoría para cada imagen se forma un triángulo delimitando el límite seco y el límite húmedo definiendo los valores de cada pixel contenido dentro del triángulo. Esta combinación se puede explicar a partir de la Figura 1(a) obtenida del trabajo de Holzman *et al.*, 2014. En dicha figura se muestran los márgenes teóricos húmedos y secos que aparecen al hacer un diagrama de dispersión entre las variables LST y EVI con la forma de triángulo.

En ORA se calcula el TVDI cada 16 días considerados desde principios de octubre a principios de abril, tiempo en el cual está asegurada la superficie sembrada y, por ende, los resultados expresan los valores de humedad o sequedad a mayor profundidad en el suelo (Holzman *et al.*, 2014). Para poder hacerlo, es necesario elegir zonas climáticas, para lo cual se opta por utilizar cuatro: Norte, NEA, Pampeana Norte y Pampeana Sur (Ver figura 2c). Para calcularlo se utiliza la siguiente expresión:

$$TVDI = \frac{LST - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}} \quad (1)$$

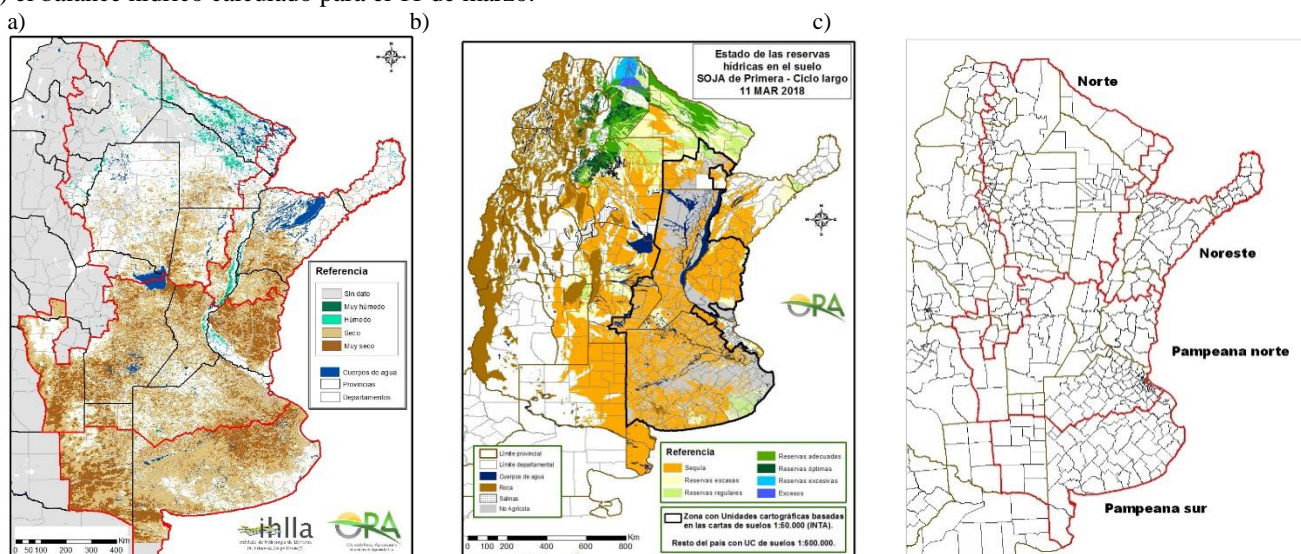
Donde LST es la temperatura observada en un pixel,  $LST_{min}$  es la mínima temperatura dada por el límite inferior o húmedo en el triángulo (Figura 1) y  $LST_{max} = a \cdot EVI + b$ , correspondiente al límite superior o seco (Figura 1). Este límite seco, se calcula a partir de una regresión lineal, pero de puntos que estén contenidos en la parte superior del triángulo, esto se logra considerando el intervalo de valores de EVI entre -0.2 y 1, eligiendo aquellos valores que estuvieran sobre el percentil 99.9, es decir, sólo valores extremos. Una vez calculado los parámetros para cada fecha y cada zona climática, es posible estimar el TVDI para realizar el seguimiento y que queda disponible para todo público en <http://www.ora.gov.ar/tvdi.php>.



**Figura 1.** (a) Diagrama conceptual de la definición del TVDI. La posición de un pixel (IV, Ts) por índice de vegetación y temperatura superficial, dentro del triángulo está determinada fundamentalmente por la cantidad de agua. (b) Triángulo determinado con los datos para la región Pampeana Norte.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en la campaña 2017/18 como seguimiento del estado de sequedad. Para esta campaña, durante los meses de diciembre y hasta abril, se registraron escasas precipitaciones, lo que generó una de las sequías más importantes desde la ocurrida en el año 2009. Los resultados obtenidos muestran buena comparación visual con los balances hídricos calculados en ORA (BHORA), tanto en términos de las zonas afectadas por la sequía, así como también en las zonas en las cuales la humedad contenida en el suelo es abundante. La Figura 2 muestra en (a) el TVDI calculado para 26 de febrero al 12 de marzo de 2018 y (b) el balance hídrico calculado para el 11 de marzo.



**Figura 2:** (a) TVDI válido para las fechas 26 de febrero al 13 de marzo de 2018. (b) Balance hídrico ORA estimado para un cultivo de soja válido para el 11 de marzo de 2018. (c) Zonas climáticas utilizadas para estimar parámetros del TVDI.

## CONCLUSIONES

En general, a lo largo de la campaña aparecen varias coincidencias entre lo estimado satelitalmente y lo estimado por el BHORA, tanto para áreas secas como áreas húmedas. Aparecen discrepancias sobre todo cuando hay varios días seguidos de lluvia, ya que al ser un instrumento que utiliza bandas visibles para la estimación, se ven afectados por la nubosidad. Actualmente se trabaja en la determinación de relaciones entre valores de TVDI en los periodos críticos de los cultivos y los rendimientos obtenidos a nivel departamental, de manera de estimar el posible impacto productivo.

## REFERENCIAS

Holzman, M.E.; Rivas, R; Piccolo, M.C., 2014. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 28: 181-192.



# ANÁLISIS DE LA VEGETACIÓN EN EL VALLE DEL RÍO NEUQUÉN UTILIZANDO INFORMACIÓN SATELITAL

Cogliati, M.G.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades, Universidad Nacional del Comahue, Av. Argentina 1400, 8300 Neuquén, Argentina.

\*Contacto: marisa.cogliati@fahu.uncoma.edu.ar

**Palabras clave:** MODIS, NDVI, EVI

## INTRODUCCIÓN

La información satelital permite inferir información acerca del estado de la vegetación en diferentes escalas. Wessels *et al.*, (2004) investigaron la aplicación de datos MODIS para el mapeo regional de cobertura del suelo con resolución moderada (250 y 500 m), para fines conservacionistas a escala regional en el estado de Pará en Brasil y Yellowstone (USA) con resultado exitoso para desarrollar un producto bosque/ no bosque adecuado para monitorear los impactos de origen antrópico como por ejemplo la deforestación.

Diversos autores realizaron mapeo de la vegetación a partir de imágenes satelitales, (Rasuly *et al.*, 2010; Mancino *et al.*, 2014). La utilización de imágenes de satélite mediante el procesamiento digital utilizando un Sistema de Información Geográfico (SIG) proporciona datos sobre la distribución espacial de variables claves para entender el funcionamiento y el estado de los elementos constitutivos de los paisajes provinciales.

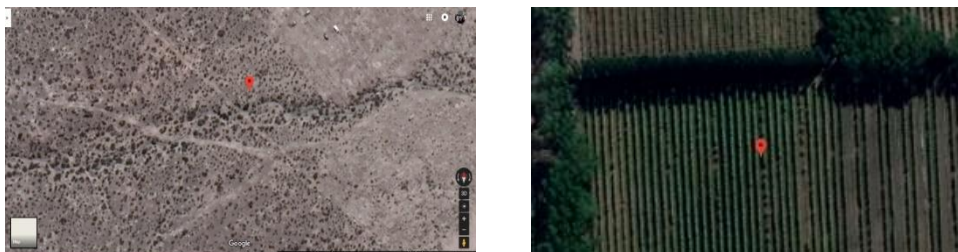
Las imágenes MODIS a pesar de tener una menor resolución espacial, tienen una mayor disponibilidad temporal, permitiendo el estudio de la variabilidad temporal y estacional y su posterior asociación con series temporales de variables meteorológicas por lo que la mayor frecuencia aumenta la disponibilidad de opciones libres de nubosidad. Se obtuvieron los índices NDVI y EVI para áreas de 250 m x 250 m ubicadas en el interior del valle del río Neuquén (ZCH) y sobre la meseta en (ZMP) aproximadamente en 38° 47' S y 68° 06' W.

En este trabajo, se analiza el nivel de discriminación del sensor MODIS para la detección de cambios en la vegetación en una sección del valle del río Neuquén, en un área con fácil acceso, lo que permite realizar fácilmente clasificaciones supervisadas y a partir de estos resultados inferir comportamientos en áreas similares con difícil acceso. La discriminación de la vegetación permitirá además el análisis cualitativo de las áreas desde el punto de vista de su estado general y de la evaluación temporal, principalmente en áreas de gran variabilidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se utilizará el producto MOD13Q1 del MODIS/Terra (Didan, 2015). El producto presenta el NDVI y EVI a partir de la reflectancia en las bandas 4 y 6 del satélite MODIS TERRA, los subproductos poseen corrección geométrica, re proyectando la grilla sinusoidal a coordenadas geográficas, con un datum WSG-84 y una resolución 250 x 250 m (ORNL DAAC, 2017). EVI incorpora además correcciones de entorno y atmosféricas y es más sensible a las áreas con alta biomasa (Wardlow y Egbert, 2010).

Se analizaron las series cronológicas de NDVI y EVI en dos áreas bien diferenciadas con distinta cobertura de vegetación, un área se ubica en zona de producción frutícola y la otra sobre la meseta con vegetación nativa, se pretende indagar la sensibilidad de la detección de cambios asociados a los desarrollos estacionales y a los aumentos de vegetación efímera debido a períodos húmedos. Si bien los índices son distintos en zonas con vegetación dispersa y achaparrada y en zona de chacras. Se pretende diferenciar la variación estacional especialmente en zonas de vegetación caduca, para poder determinar los límites de los valores para ambos índices para su posterior utilización en zonas con difícil acceso donde es muy dificultoso efectuar una clasificación supervisada.

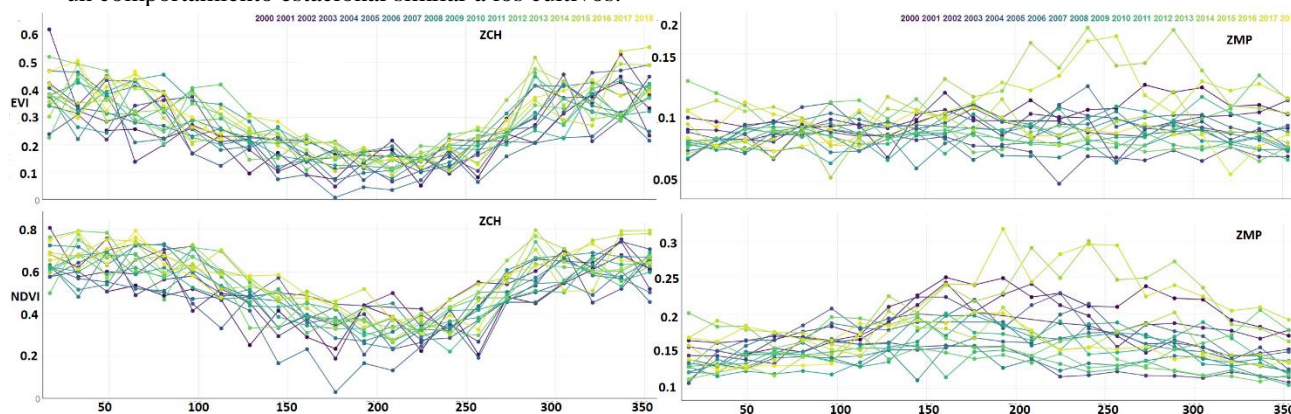


**Figura 1:** Localización de áreas analizadas a) (izq) ZMP (-38.810 S, -68.171 W), y b) (der) ZCH (-38.786 S, -68.112 W)

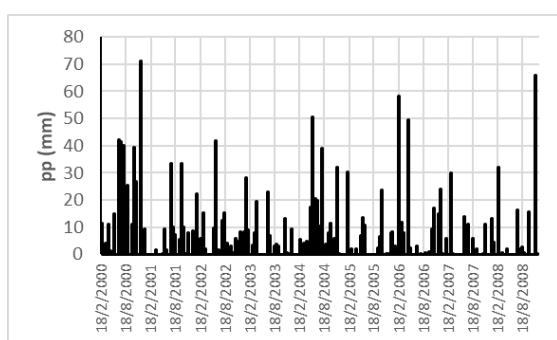
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las zonas analizadas presentaron diferencias en la vegetación (Figura 1) que se vieron reflejadas en el comportamiento de los índices EVI y NDVI (Figura 2). En ZCH el ciclo de los árboles frutales se pone en evidencia en el comportamiento estacional, con máximos de EVI y NDVI en primavera - verano (NDVI ~ 0.23 en in-

vierno, llegando a 0.76 en el verano y EVI entre 0.08 y 0.6). La zona de vegetación nativa en ZMP no presentó un comportamiento estacional similar a los cultivos.



**Figura 2:** Marcha anual EVI (arriba) (ZCH (izq), ZMP (der)) y NDVI (abajo) (ZCH (izq), ZMP (der)) entre los años 2000 y 2018 (0: 01/01, 365:31/12).



tación en Neuquén entre 2001 y 2017.

**Figura 3:** Precipitación diaria promediada en período

similar a la información MODIS (mm). <https://www.ncdc.noaa.gov/ghcnm/v2.php>

En el análisis en la zona de meseta se observan dos máximos en 2016 (NDVI ~0.32) y en 2014 (NDVI ~0.29) que se referirían a aumentos de la vegetación efímera en la zona de meseta que se desarrolla en épocas con máximos de precipitación registrados en invierno en los años en estudio (Figura 3), los años con anomalías negativas de precipitación presentaron la menor diferencia estacional. El comportamiento de los índices en la zona cultivada no presentó asociación con la precipitación al 5 %, lo que se indicaría la influencia de la irrigación en el estado de la vegetación. La Figura 3 presenta la anomalía de la precipi-

## CONCLUSIONES

La utilización de los índices NDVI y EVI no presentó diferencias marcadas en los dos casos analizados, tanto en el caso de vegetación nativa como para cultivos irrigados, sin embargo, ambos discriminaron muy bien ambos tipos de vegetación entre sí, con lo que se podrían utilizar los valores medios para identificar vegetación similar en áreas de difícil acceso. En el caso de la vegetación nativa ambos índices representaron adecuadamente la variabilidad de la vegetación debido al incremento de la vegetación efímera en épocas con aumento de la precipitación de 2014 y 2016, y en la zona de chacras, ambos índices describieron adecuadamente los cambios estacionales de la vegetación caducifolia en las zonas cultivadas irrigadas.

## REFERENCIAS

- ORNL DAAC. 2017. MODIS Collection 6 Land Products Global Subsetting and Visualization Tool. ORNL DAAC, Oak Ridge, Tennessee, USA. Consultado 28/05/18.
- Didan, K. 2015. MOD13Q1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes. Consultado 03/03/2018
- Mancino, G.; Nolè A.; Ripullone, F.; Ferrara, A. 2014. Landsat TM imagery and NDVI differencing to detect vegetation change: assessing natural forest expansion in Basilicata, southern Italy. *Journal of Biogeosciences and Forestry*. 7: 75-84
- Quattrochi, D.A. and Luvall, J.C. 1999. Thermal infrared remote sensing for analysis of landscape ecological processes: methods and applications. *Landscape Ecology* 14, 577-98.
- Rasuly, A.; Naghdifar, R; Rasoli, M. 2010. Detecting of Arasbaran Forest Changes Applying Image Processing Procedures and GIS Techniques. *Procedia Environ. Sciences*, 2: 454-464
- Wessels, K.; De Fries, R.; Dempewolf, J.; Anderson, L.; Hansen, A.; Powell, S.; Moran, E. 2004. Mapping regional land cover with MODIS data for biological conservation: Ex. Greater Yellowstone Ecosystem, USA and Para State, Brazil. *Remote Sensing of Environment* 92 67-83.
- Wardlow, B.D. and Egbert, S.L. 2010. A comparison of MODIS 250-m EVI and NDVI data for crop mapping: a case study for southwest Kansas, *International Journal of Remote Sensing*, 31:3, 805-830.

# DETERMINACIÓN DE ZONAS HOMOGÉNEAS EN UN LOTE CON INFORMACIÓN MULTITEMPORAL DE MAPAS DE RENDIMIENTO

Díaz, G.<sup>1</sup>; de la Casa, A.<sup>1\*</sup>; Ovando, G.<sup>1</sup>; Bressanini, L.<sup>2</sup>; Díaz, P.<sup>1</sup>; Miranda, C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Agrometeorología y <sup>2</sup>Agrotecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC), Córdoba (CP 5000), Argentina. <sup>3</sup>Establecimiento Las Delicias, Córdoba, Argentina.

\*Contacto: delacasa@agro.unc.edu.ar

**Palabras Clave:** agricultura de precisión; soja; maíz

## INTRODUCCIÓN

La agricultura de precisión integra un conjunto de tecnologías que procuran optimizar los procedimientos actuales de producción agropecuaria, considerando en particular la variabilidad espacio temporal que presentan los sistemas productivos. La división de los predios en zonas de manejo homogéneo (ZM) constituye la cartografía básica para poner en práctica la mayoría de las aplicaciones agrícolas de precisión (Georgi *et al.*, 2017). La evaluación de la heterogeneidad espacial de un lote se puede apoyar en información de la conductividad eléctrica del suelo, como la que provee la rastra Veris (Corwin y Lesch, 2003). Además, la información georeferenciada a través de un sistema de posicionamiento global (GPS) permite elaborar mapas que revelan la heterogeneidad del lote debida a la variación de parámetros del suelo tales como salinidad, materia orgánica, textura y contenido hídrico. La delimitación de ZM también se puede apoyar en datos de reflectancia espectral registrados por diversos medios remotos. En razón de su resolución detallada, los satélites de la serie LANDSAT han provisto mucha de la información radiométrica utilizada para clasificar y mapear cultivos en una región, principalmente a partir de datos del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI), como así también para determinar diferencias productivas a escala de lote (Lyle *et al.*, 2013) o evaluar la variación del tamaño de los predios a lo largo del tiempo (White y Roy, 2015).

Otra fuente de información valiosa la provee el propio monitor de rendimiento de la cosechadora, con cuyos registros se elabora el mapa de rendimiento del lote (Blackmore, 2000). El análisis espacial de una colección de mapas de rendimiento de varios ciclos productivos permite establecer los sectores sistemáticamente más productivos, como así también evaluar la condición de estabilidad temporal del rendimiento. Mientras la subdivisión de los mapas elaborados a partir de la conductividad eléctrica o con datos espectrales tiene relativamente un carácter potencial, la fragmentación a partir del mapa de rendimiento, en cambio, representa la productividad actual o efectiva del cultivo en cada sector de un lote agrícola.

A partir de los mapas de rendimiento de cultivos de soja y maíz, el objetivo de este trabajo fue determinar zonas de manejo homogéneo en un lote aplicando una metodología de clasificación sobre la base de componentes principales que considera la variabilidad productiva de 5 ciclos agrícolas. Esta delimitación es útil, por otra parte, para localizar los sectores de muestreo que faciliten el análisis más efectivo de la heterogeneidad del lote.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó evaluando 5 mapas de rendimiento de un lote de aproximadamente 48 ha que está ubicado al sur de la ciudad de Córdoba, Argentina, a 31°33' S y 64° 6' O. El suelo del predio es un Haplustol éntico, serie Manfredi, con un perfil de tres horizontes de textura franco-limosa. El lote estuvo ocupado con soja y maíz, como muestra la Tabla 1, donde también se indican las respectivas fechas de siembra de cada cultivo.

**Tabla 1.** Cultivos que ocuparon el lote entre 2012 y 2017.

Cultivo	Ciclo	Variedad	Fecha de siembra
Soja	2012/13	DM 3810	24/11/2012
Soja	2013/14	Feria del Norte 4.85	30/11/2013
Maíz	2014/15	Sursem 566 MG	14/12/2014
Soja	2015/16	Feria del Norte 4.50	17/11/2015
Maíz	2016/17	72 – 10VT3Pro	15/12/2016

A los efectos de producir la segmentación del lote se aplicó la metodología esquematizada en la Figura 1, indicando la secuencia de pasos desde la depuración de los datos originales de rendimiento hasta alcanzar la clasificación del lote. En el procedimiento se utilizaron herramientas de análisis espacial del programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

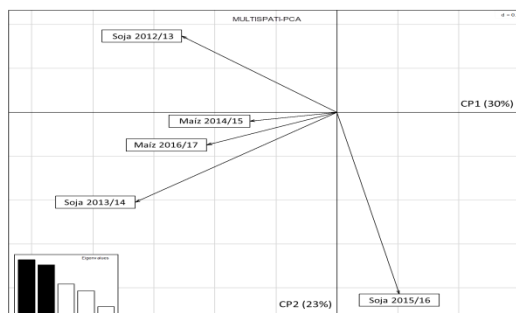


**Figura 1.** Esquema del procedimiento seguido para dividir el lote del estudio en zonas homogéneas.



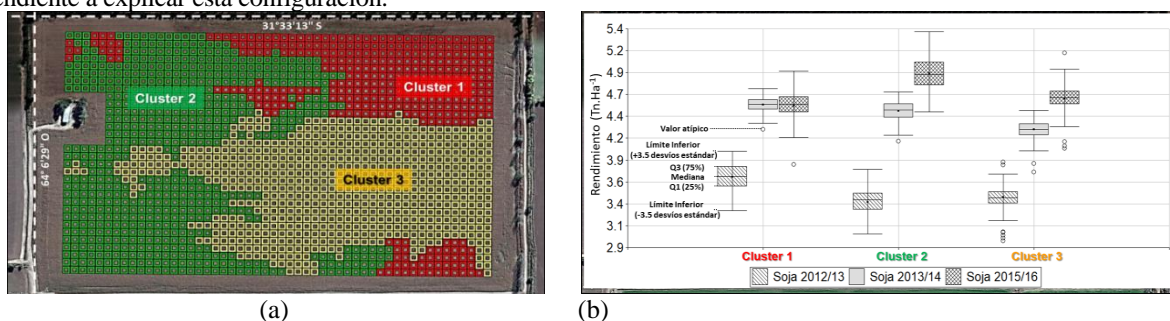
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de depurar los datos de rendimiento originales, se realizó un análisis de componentes principales sobre las variables (rendimiento) a fin de sintetizar la variabilidad existente en el lote. Como muestra el diagrama de la Figura 2, los dos primeros componentes principales explican en conjunto más de 50% de la variabilidad total, y permiten separar los cultivos en tres grupos. Mientras el comportamiento de los cultivos de maíz en 2014-2015 y 2016-2017 se presenta muy similar entre sí y semejantes al de la soja en 2013-2014, los de soja presentan un comportamiento diferente en los tres ciclos. Así, se interpreta que la determinación de ZM puede realizarse considerando únicamente los datos de rendimiento de la soja. Además, se infiere que las condiciones meteorológicas influyeron de manera particular y expresaron de manera diferente cada año el rendimiento en el lote. Lyle *et al.* (2013) desarrollaron modelos predictivos de la productividad de trigo a escala de lote basados en la relación entre el rendimiento y el NDVI. Tres de las cinco temporadas que evaluaron mostraron predicciones muy razonables, particularmente los años de precipitación baja y alta. En cambio, los años de lluvia media presentaron mayor incertidumbre, con resultados de predicción desde marginales a pobres producto de rangos estrechos, tanto del rendimiento observado como de los valores de NDVI.



**Figura 2.** Distribución de cada cultivo/ciclo en el diagrama formado por los dos primeros componentes principales que explican la mayor proporción (53%) de la variabilidad del rendimiento en el lote.

La variabilidad del rendimiento se canalizó para delimitar 3 ZM en el lote, como muestra la Figura 3a, en tanto la Figura 3b presenta los estadísticos descriptivos del rendimiento correspondiente a los sectores identificados. Mientras la zona (Cluster) 1 exhibe mayor estabilidad productiva temporal, la zona 2 presenta la máxima productividad (2015-2016), pero también el rendimiento más bajo (2012-2013), lo que denota menor estabilidad a lo largo del tiempo en este sector. La zonificación producida permite localizar sectores de muestreo tendiente a optimizar el análisis de la heterogeneidad del lote. Resta, asimismo, analizar la influencia de las condiciones meteorológicas de cada campaña tendiente a explicar esta configuración.



**Figura 3.** Imagen del lote al sur de la ciudad de Córdoba, Argentina, dividido en 3 zonas homogéneas (a) y diagramas de caja con los estadísticos descriptivos del rendimiento de soja para cada una de ellas (b).

## CONCLUSIONES

Descartando por redundante la información de maíz, se elaboró una cartografía multitemporal a partir de 3 mapas de rendimiento de soja que permitió maximizar la expresión de la variabilidad espacial en el lote delimitando 3 zonas de manejo diferente.

## REFERENCIAS

- Blackmore, S. 2000. The interpretation of trends from multiple yield maps. *Computers and Electronics in Agric.* 26, 37–51.
- Corwin, D.L.; Lesch, S.M. 2003. Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: Theory, principles, and guidelines. *Agron. J.* 95(3), 455–471.
- Di Rienzo J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Georgi, C.; Spengler, D.; Itzerott, S.; Kleinschmi, B. 2017. Automatic delineation algorithm for site-specific management zones based on satellite remote sensing data. *Precision Agric.* DOI 10.1007/s11119-017-9549-y
- Lyle, G.; Lewis, M.; Ostendorf, B. 2013. Testing the temporal ability of Landsat imagery and precision agriculture technology to provide high resolution historical estimates of wheat yield at the farm scale. *Remote Sens.* 5, 1549–1567.
- White, E.; Roy, D.P. 2015. A contemporary decennial examination of changing agricultural field sizes using Landsat time series data. *Geo: Geography and Environment* 2:33–54.

# COMBINACIÓN DE INFORMACIÓN SATELITAL Y DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS PARA GENERAR MAPAS DE TEMPERATURA DE ALTA RESOLUCIÓN Y COBERTURA COMPLETA EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS

Giménez, R.<sup>1,2\*</sup>; Baldi, G.<sup>1,2</sup>; Castellanos, G.<sup>2</sup>; Mercáu, J.L.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Estudios Ambientales. Instituto de Matemática Aplicada (IMASL), CONICET. Av. Italia 1556 (5700), San Luis, Argentina; <sup>2</sup> Departamento de Geología, Fac. Ciencias Físico Matemáticas y Naturales. Universidad Nacional de San Luis. Ejército de Los Andes 950 (5700), San Luis, Argentina; <sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; AER San Luis. Ruta 20, tramo Rosendo Hernández (5700) San Luis, Argentina.

\*Contacto: gimenezgea@gmail.com

**Palabras clave:** temperatura de superficie; temperatura del aire; MODIS

## INTRODUCCIÓN

La temperatura es uno de los factores ambientales más determinantes del crecimiento y desarrollo de los cultivos y, por lo tanto, de la aptitud productiva de una zona o región. Por un lado, cada especie tiene un requerimiento básico de temperatura para completar cada una de las fenofases de su ciclo. Por el otro, la exposición a temperaturas extremas (altas o bajas) puede tener efectos detrimentales sobre su crecimiento, producción o supervivencia (Luo, 2011). Por lo tanto, el conocimiento de cómo la temperatura varía en el tiempo y el espacio es de suma utilidad para la zonificación agroecológica de los cultivos y la planificación de los calendarios agrícolas.

La provincia de San Luis presenta un clima continental seco, con una temperatura media anual de 16° C en el sector sur de la provincia y de 18° C en el norte. Sin embargo, la continentalidad, el relieve y el clima semiárido de la provincia permiten suponer una gran variabilidad térmica tanto en la dimensión espacial como en la temporal. Parte de esa variabilidad puede estudiarse gracias a los datos de una densa red de estaciones meteorológicas (REM) instalada, coordinada y mantenida por la Universidad de La Punta ([www.clima.edu.ar](http://www.clima.edu.ar)). Esta red toma registros horarios de temperatura de aire (entre otras variables meteorológicas) desde hace aproximadamente 10 años en numerosas estaciones distribuidas a través de la provincia. No obstante, estos registros no dejan de ser mediciones puntuales distribuidas discretamente en el espacio que requieren de complejos modelos de interpolación para lograr estimaciones que cubran la totalidad del territorio provincial (Yang, *et al.*, 2017). Paralelamente, en las últimas décadas diferentes misiones satelitales han estado recopilando información de distintas características de la superficie terrestre, entre ellas la temperatura de superficie. En particular, el sistema MODIS (de *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) presenta resoluciones espaciales y temporales de utilidad para fines agronómicos. Si bien la temperatura de superficie depende de múltiples factores entre los que se encuentran el tipo de cobertura, su composición y contenido de humedad, nuestra hipótesis es que esta variable refleja las condiciones térmicas locales por lo que podría usarse para mejorar la precisión espacio-temporal de los mapas de temperatura. El objetivo de este trabajo es, por lo tanto, analizar la posibilidad de estimar la temperatura del aire ( $T_a$ ) a partir de la temperatura de superficie ( $T_s$ ) obtenida por satélite, para generar mapas de temperatura del aire de alta resolución y cobertura continua de la provincia de San Luis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

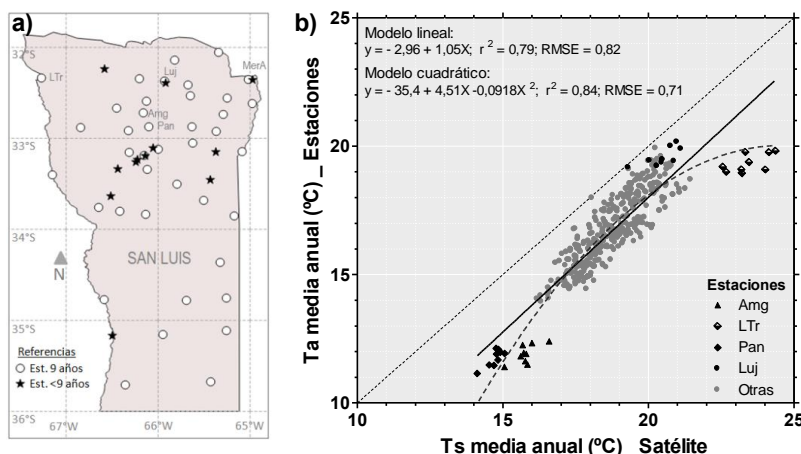
- Datos de temperatura de aire ( $T_a$ ): Se seleccionaron las estaciones de la REM que presentaran 9 años de datos (2008 a 2016) de  $T_a$  y pocos datos faltantes (i.e. <10 %, Figura 1.a). En cada una, se eliminaron datos anómalos (ej.,  $T_a < -15^\circ\text{C}$ ) y se completaron los datos faltantes con estimaciones realizadas a partir de modelos de regresión lineal entre la temperatura horaria de la estación de interés y la de las 4 estaciones de mayor correlación ( $r > 0,9$ ). Se obtuvieron de este modo 42 estaciones (Est. 9 años) con datos horarios de temperatura suficientemente completos (<1% de datos faltantes) para calibrar modelos de estimación de temperatura del aire ( $T_a$ ) a partir de la temperatura de superficie ( $T_s$ ) medida por satélite. Se procedió del mismo modo con otras 12 estaciones que presentaron menos años de registros de  $T_a$  (Est. <9 años), la cuales se utilizaron para verificar la precisión de los modelos obtenidos.

- Datos de temperatura de superficie ( $T_s$ ): Se usaron datos de  $T_s$  del satélite MODIS comprendidos entre el 01/01/2008 y el 31/12/2016. Específicamente, se usaron los productos MOD11 y MYD11, los cuales tienen una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup> y calculan un valor de  $T_s$  promedio por cada intervalo de 8 días, para cuatro diferentes momentos del día: 7:00 AM, 11:00 AM, 7:30 PM y 10:00 PM.

Los datos de  $T_a$  se agruparon en intervalos de 8 días, similares a los de MODIS, para contrastarlos directamente con los datos de  $T_s$ . Para cada intervalo se calculó la temperatura media del aire en 8 días ( $T_a$ ) y se contrastó con los correspondientes 4 registros de  $T_s$  y diferentes promedios entre ellos. El promedio de  $T_s$  en los momentos 7:00 AM y 7:30 PM fue la combinación que mejor correlacionó con  $T_a$ , por lo que en adelante cada vez que se mencione  $T_s$  se referirá al promedio de estos momentos. Los valores de  $T_s$  y  $T_a$  se integraron luego por estación y por año para desarrollar modelos regresión lineal y polinomial (cuadrática) para estimar  $T_a$  anual a partir de  $T_s$  anual.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variación de la Ts media anual medida con satélite estuvo fuertemente relacionada con la variación de la Ta media anual medida en estaciones meteorológicas (Figura 1.b). El modelo de regresión lineal entre ambas variables tuvo un  $r^2=0,79$  y un RMSE=0,82. En el rango de Ta anuales explorado por la mayoría de las estaciones (14-20°C, 39 estaciones), la temperatura de superficie fue en promedio ~2°C superior a la registrada en el aire. Tres estaciones se apartaron de este modelo general: “Amg” y “Pan”, las más frías de la provincia (11-12°C) por estar ubicadas a alta elevación (1710 y 1518 msnm), presentaron una diferencia algo mayor (3-4°C, respecto a la medida en estación), mientras que “LTr”, ubicada en el sector más árido de la provincia (noroeste), presentó una Ta similar a la de otras estaciones como “Luj”, pero Ts 2-3°C superiores. El uso de un modelo cuadrático, para compensar las diferencias encontradas en los extremos del rango térmico analizado, mejoró la precisión del



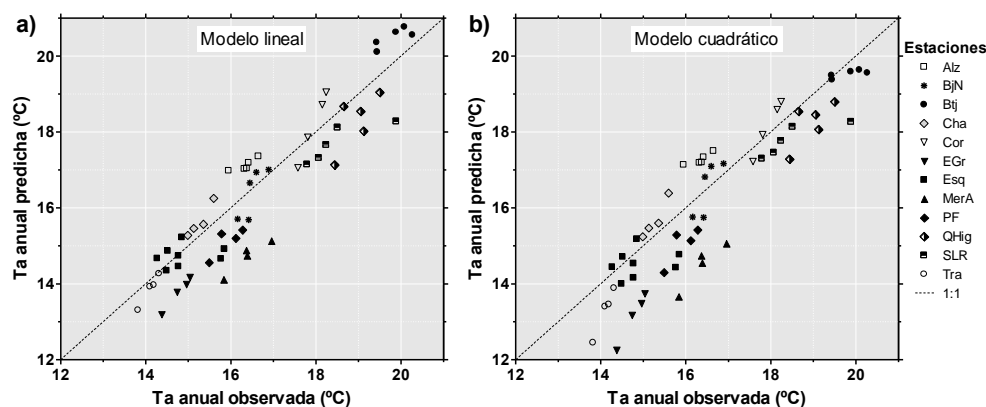
modelo obteniéndose valores de  $r^2=0,84$  y de RMSE=0,71.

**Figura 1. a)** Mapa de la distribución de las estaciones meteorológicas usadas en este trabajo (se identifican diferencialmente algunas de interés particular); **b)** Relación entre la temperatura media anual del aire (medida en estación meteorológica) y la temperatura media anual de superficie (obtenida de satélite), para 42 estaciones y 9 años. La mayoría de las estaciones comparten la misma simbología (círculos grises), excepto aquellas que merecen especial atención. Los modelos lineal (línea llena) y cuadrático (línea cortada) fueron ajustados para la totalidad de los casos. La línea

punteada marca la relación 1:1.

El uso de los modelos generados para estimar la Ta media anual del aire a partir de la Ts en un set de datos independiente (estaciones que no tenían 9 años de datos) mostró que el modelo lineal tuvo un buen desempeño general, con un error en las estimaciones de temperatura  $< \pm 1^\circ\text{C}$  para la mayoría de las estaciones/años analizados, con excepción de la estación “MerA” que tuvo un error algo mayor. El modelo cuadrático tuvo menor preci-

sión.



**Figura 2.** Relación entre la temperatura media anual del aire observada y predicha por el modelo lineal (a) y por el modelo cuadrático (b) para 12 estaciones y diferentes años. La línea punteada marca la relación 1:1.

## CONCLUSIONES

La temperatura de superficie de MODIS permite

estimar la temperatura media anual en gran parte de San Luis, a un nivel de detalle de  $1\text{km}^2$ , con una precisión relativamente buena (error  $< \pm 1^\circ\text{C}$ ). Sin embargo, en algunos sitios ubicados en los extremos del rango de Ts explorado (“LTr”, “Amg”) el modelo pierde precisión. Investigaciones futuras evaluarán si la incorporación de otras variables auxiliares (como la altitud, la pluviometría, el tipo y condición de vegetación, etc) a modelos de regresión múltiple permiten mejorar la precisión de las estimaciones en la totalidad del territorio.

## AGRADECIMIENTOS

A la Red de Estaciones Meteorológicas y la Universidad de La Punta por proveer los datos meteorológicos

## REFERENCIAS

- Luo, Q. 2011. Temperature thresholds and crop production: A review. *Climatic Change* 109:583–598.
- Yang, Z.Y.; Cai, W.H.; Yang, J. 2017. Evaluation of MODIS Land Surface Temperature data to estimate near-surface air temperature in Northeast China. *Remote Sensing* 9: 1-19.

## **ÁREA TEMÁTICA 5**

### **Modelización del Ambiente Biofísico**



# EVALUACIÓN DE DOS ÍNDICES COMO INDICADORES DE SEQUÍA AGRÍCOLA EN LA REGIÓN PAMPEANA (ARGENTINA)

Sosa, G.D.\*; Fernández Long, M.E.; Spescha, L.B.

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía, Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Avda. San Martín, Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

\*Contacto: gdsosa@agro.uba.ar

**Palabras clave:** maíz, índice de satisfacción hídrica, índice estandarizado de precipitación.

## INTRODUCCIÓN

La sequía es uno de los desastres naturales que más afectan a la producción agrícola. El cambio climático ha incrementado los riesgos de sequía, como así también su intensidad (IPCC, 2007). La sequía agrícola se produce cuando el agua disponible en el suelo en las distintas etapas fenológicas de los cultivos es insuficiente para satisfacer sus necesidades y persiste en el tiempo (Murphy y Spescha, 2009). En Argentina, el cultivo de maíz es una de las principales actividades agrícolas, con la mayor parte del área sembrada ubicada en la Región Pampeana y cultivándose casi exclusivamente en condiciones de secano. Por lo tanto, los rendimientos están sujetos principalmente a las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo. El consumo de agua y crecimiento de los cultivos se ven limitados cuando el contenido hídrico del suelo en la zona de la rizósfera se encuentra por debajo del 40-60 % del agua útil, siendo en floración el período crítico en que la provisión de agua no debe ser limitante (Andrade *et al.*, 1996).

Existen numerosos índices que permiten caracterizar las sequías. Uno de los más importantes y utilizados es el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) (Mc Kee *et al.*, 1993), calculado a nivel trimestral para analizar las sequías agrícolas. También, suelen utilizarse índices basados en el balance hidrológico como el Índice de Satisfacción Hídrica (ISHi) (Carnelos *et al.*, 2014), utilizado para evaluar el estado hídrico del suelo.

El objetivo del presente trabajo es realizar una comparación entre estos dos índices y evaluar su desempeño como indicadores de sequía agrícola en ocho localidades de la Región Pampeana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con datos diarios de precipitación del período 1969-2013 de las estaciones meteorológicas de las siguientes localidades: Azul, Barrow, Marcos Juárez, General Pico, Gualaguaychú, Laboulaye, Pehuajó y Pergamino (Tabla 1). Los valores de SPI trimestrales (SPI 3) se obtuvieron desde el Centro Regional del Clima para el Sur de América de Sur ([http://www.crc-sas.org/es/monitoreo\\_sequias.php](http://www.crc-sas.org/es/monitoreo_sequias.php)).

**Tabla 1.** Nombre, ubicación y altura sobre el nivel del mar de las localidades seleccionadas.

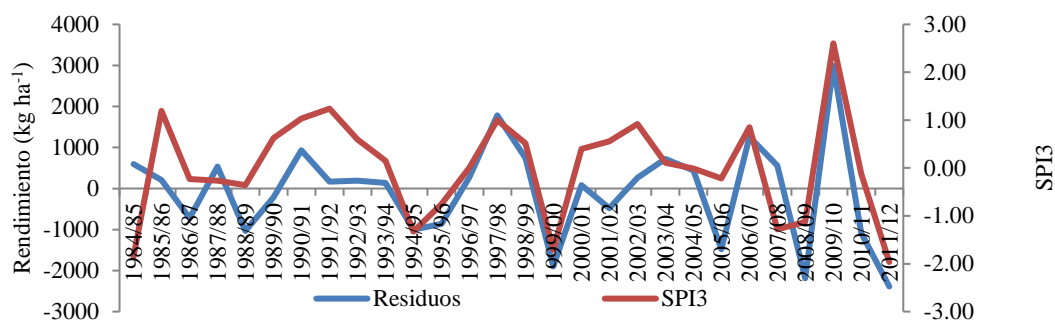
Estación	Provincia	Latitud (°)	Longitud (°)	Altura SNM (m)
Gualaguaychú AERO	Entre Ríos	-33,00	-58,62	21
Pergamino INTA	Buenos Aires	-33,93	-60,55	65
Laboulaye AERO	Córdoba	-34,13	-63,37	137
Barrow INTA	Buenos Aires	-38,32	-60,25	120
General Pico AERO	La Pampa	-35,70	-63,75	145
Marcos Juárez AERO	Córdoba	-32,70	-62,15	114
Pehuajó AERO	Buenos Aires	-35,87	-61,90	87
Azul AERO	Buenos Aires	-36,83	-59,88	147

Para el cálculo del ISHi se estimó la evapotranspiración potencial mensual (ETP) por la metodología de Penman-Monteith recomendada por FAO (Allen *et al.*, 1998), mientras que la evapotranspiración real (ETR) se obtuvo del modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA) (Fernández Long *et al.*, 2012). El ISHi fue calculado para cada mes como:

$$ISHi = \frac{ETR}{ETP} \quad (1)$$

Además, se utilizaron datos de rendimiento de maíz para el período comprendido entre las campañas 1984-1985 a 2011-2012 extraídos del Ministerio de Agroindustria (<https://datos.agroindustria.gob.ar/dataset/estimaciones-agricolas>). Se calculó la tendencia (promedios móviles de cinco años) con el objetivo de filtrar los avances tecnológicos ocurridos en los últimos años.

Para el análisis de la relación entre las variables se utilizó correlación lineal por Pearson (nivel de significancia de 90, 95 y 99%), a nivel mensual desde el mes de octubre hasta marzo (ciclo medio del cultivo), entre los distintos índices de sequía (SPI trimestral: SPI 3 e ISHi) con los residuos de los rendimientos observados (Residuos= Rendimiento – Tendencia) (Figura 1). También se realizó una evaluación del SPI 3 y el ISHi para el ciclo del cultivo (período octubre-marzo).



**Figura 1.** Evolución de los residuos de los rendimientos (en kg ha<sup>-1</sup>) y los valores de SPI3 para el mes de enero entre las campañas 1984/1985 y 2011/2012 para la localidad de Pergamino.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en la Tabla 2. Se observa que ambos índices presentaron asociaciones significativas a lo largo del ciclo del cultivo. El ISHi mostró valores de correlación más altos en las localidades ubicadas en el oeste de la Región Pampeana (Marcos Juárez, Laboulaye y General Pico), mientras que el SPI 3 alcanzó mejores resultados en las localidades del centro (Pergamino, Pehuajó, Gualeguaychú, Barrow y Azul). En el análisis correspondiente al ciclo del cultivo, el ISHi obtuvo mejores resultados en todas las localidades.

Los valores máximos de correlaciones se dan en los meses de diciembre y enero, debido a que en esa época suele encontrarse el período crítico del maíz, coincidente con la floración del cultivo, con una fuerte variabilidad interanual (Faroni *et al.*, 2014), en donde la falta de agua afecta significativamente el rendimiento final del cultivo. Sin embargo, en las dos localidades ubicadas al sur de la Provincia de Buenos Aires (Azul y Barrow) las correlaciones significativas al 99% se extienden hasta el mes de febrero. Esto podría deberse a un atraso en la fecha de siembra en esta región, por lo que el período crítico se produce más tarde (Carnelos *et al.*, *op. cit.*).

**Tabla 2.** Correlaciones entre los residuos de los rendimientos de maíz con los índices SPI 3 e ISHi. Las letras indican los distintos niveles de significancia: a (99%); b (95%) y c (90%).

Marcos Juárez								Pehuajó							
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Ciclo		Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Ciclo
SPI 3	0,19	0,30	0,58a	0,66a	0,48b	0,16	0,57a	SPI 3	0,17	0,25	0,39b	0,50a	0,50a	0,32	0,52a
ISHi	0,14	0,35c	0,65a	0,78a	0,44b	0,29	0,66a	ISHi	0,10	0,21	0,32	0,42b	0,52a	0,47b	0,55a
Laboulaye								Gualeguaychú							
SPI 3	0,50a	0,30	0,46b	0,45b	s/d	0,03	0,49a	SPI 3	0,33c	0,30	0,58a	0,66a	0,53a	0,35c	0,66a
ISHi	0,36c	0,38c	0,44b	0,60a	0,57a	0,03	0,57a	ISHi	0,31	0,56a	0,61a	0,64a	0,33c	0,26	0,71a
General Pico								Barrow							
SPI 3	0,21	0,15	0,32	0,42b	0,35c	0,07	0,39b	SPI 3	-0,13	0,17	0,50a	0,66a	0,55a	0,36c	0,59a
ISHi	0,17	0,09	0,32	0,49a	0,33c	0,13	0,41b	ISHi	0,04	0,45b	0,70a	0,61a	0,65a	0,21	0,71a
Pergamino								Azul							
SPI 3	0,19	0,41b	0,71a	0,70a	0,36c	-0,06	0,56a	SPI 3	-0,11	0,02	0,23	0,68a	0,60a	0,23	0,47b
ISHi	0,18	0,49	0,72a	0,67a	0,40b	0,01	0,60a	ISHi	-0,01	0,32	0,42b	0,64a	0,63a	0,16	0,61a

## CONCLUSIONES

Las diferencias encontradas entre ambos índices para diferentes localidades podrían deberse a que en el centro de la región pampeana los rendimientos están relacionados principalmente con las precipitaciones (única variable que toma el SPI para su cálculo), mientras que en el oeste de la región el rendimiento pasaría a depender de otras variables además de la precipitación (radiación, viento), las cuales utiliza el ISHi. Sin embargo, ambos índices pueden ser utilizados para evaluar sequías agrícolas. La elección de uno u otro dependerá de los datos que se tengan disponibles para calcularlo, siendo el ISHi el que más datos requiere.

## REFERENCIAS

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes, D.; Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration- Guidelines for computing crop water requirements. FAO irrigation and drainage. Food and Agriculture. ONU. Rome, paper 56:1-15.
- Andrade, F.H.; Cirilo, A.; Uhart, S.; Otegui, M.E. 1996. Ecofisiología del cultivo de maíz. La barrosa (ed.). Dekalb press. INTA, FCA UNMP.
- Carnelos, D.A., Fernández Long, M. E.; Murphy, G.M. 2014. Índice de satisfacción hídrica como estimador de rendimientos de maíz. Revista Agronomía y Ambiente 34(1-2): 1-16. FAUBA, Buenos Aires, Argentina.
- Faroni, A.P., Zalazar, S.M.F.; Hurtado, R.H. 2014. Mapa fenológico del maíz para siembra y cosecha en la Región Pampeana Argentina. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología. 39-40 pp.
- Fernández Long, M.E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de Balance Hidrológico Operativo para el Agro (BHOA). Rev. Agronomía & Ambiente 32(1-2): 31-47.
- IPCC, 2007. Summary for policymakers. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press, Cambridge, p 7-22.
- McKee, T.B.; Doesken, N.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. Preprints 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology. AMS. Anaheim, California. 179-184 pp.
- Murphy, G.M. y Spescha, L.B. 2009. Alimentos. El país de la abundancia, ¿para quién? Revista Encrucijadas. N° 46.

# CÁLCULO DE LA LÁMINA DE RIEGO PARA UN CULTIVO DE QUINOA EN CHILECITO, LA RIOJA

Veliz, A.E.\*; Spescha, L.B.

Universidad de Buenos Aires Facultad de Agronomía Departamento de Recursos Naturales y Ambiente Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas Av. San Martín, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, (CDSE), Argentina

\*Contacto: veliz@agro.uba.ar

**Palabras clave:** *Chenopodium*; kc; regadío

## INTRODUCCIÓN

La quinoa, *Chenopodium quinoa* Willd, familia *Chenopodiaceae*, es un cultivo ancestral andino, con alto valor nutricional, destinada al autoconsumo principalmente en la Puna. Su potencial para contribuir a la soberanía alimentaria ha llevado a productores y técnicos de campo a evaluar la incorporación de la quinoa variedad Real Blanca entre las producciones de la economía familiar en Chilecito, provincia de La Rioja. Sin embargo, a pesar de su gran versatilidad agronómica por ser una especie tolerante a la falta de agua, tiene que asegurarse un contenido mínimo de humedad en el suelo que permita afrontar el período crítico de floración, no obstante un período prolongado de sequía puede causar la pérdida total de la plantación. El objetivo es calcular la lámina de riego necesaria para un cultivo sembrado en diciembre en La Rioja.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos diarios de precipitación (serie 1983-2016) y de temperaturas medias (serie 1989-2013) de la estación Chilecito Aero (29°S, 67°W, 945m snm), del Servicio Meteorológico Nacional. Se calcularon los índices meteorológicos: precipitaciones mensuales de cada año de la serie, y precipitaciones anuales, y los índices climáticos: precipitaciones mensuales medias y precipitación anual media.

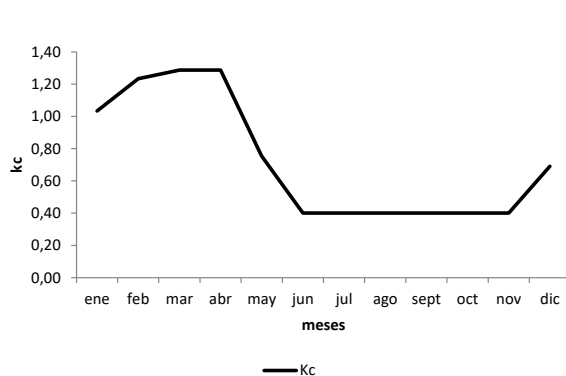
Se estimaron el uso consuntivo (UC) y las necesidades de riego utilizando la metodología de Blaney-Criddle (Allen *et al.*, 1998). Las necesidades de agua de los cultivos, (ETC) se estimaron a partir de los datos de coeficiente de cultivo (kc) y de evapotranspiración potencial (ETP) estimada por el método de Penman-Monteith. El kc es un valor morfofisiológico propio de cada cultivo que varía según la etapa de crecimiento del cultivo (García *et al.*, 2003), tomando un valor de 1,29 en el período crítico de floración (Choquecallata *et al.*, 1991) (Figura 1). A través de la metodología de Blaney-Criddle, se estima el UC del cultivo, considerando la evolución del kc durante el ciclo de la quinoa. Teniendo en cuenta que en ensayos de 2013 en Chilecito, el ciclo del cultivo se extendió desde principios de diciembre hasta mediados de junio, y que en ningún mes las precipitaciones mensuales alcanzan a cubrir las necesidades del cultivo, se calcula la lámina de riego suplementario para el período crítico de floración en abril. Se calculó el balance hidrológico mensual (BHC) tomando como capacidad de campo (CC) 100mm, valor correspondiente a suelos Torriortent con las características de Chilecito. Se estimó la lámina de riego en función de las precipitaciones y el UC del cultivo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

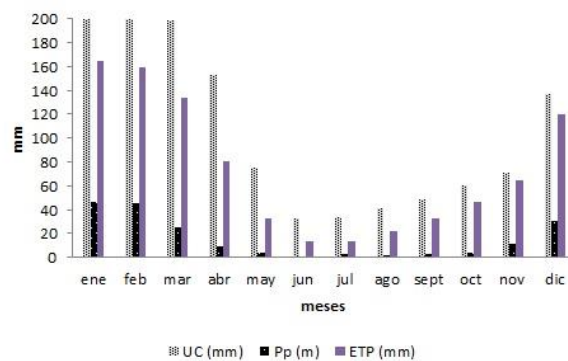
La caracterización climática de la precipitación indica que la media anual es de 186 mm y en ningún mes la precipitación supera a la ETP (Figura 2).

A pesar de que la quinoa es una especie rústica y con buena adaptación a diferentes condiciones ambientales, los periodos críticos en los que falta la humedad del suelo afectan la productividad son: germinación-emergencia -que determina el establecimiento del cultivo y el estado de crecimiento- y llenado del fruto, que determina la productividad. Tanto los resultados del BHC -que muestra que en ningún mes el almacenaje de agua en el suelo alcanza el valor de la CC y, por lo tanto, se registran deficiencias-, como los obtenidos por la metodología de Blaney-Criddle, se observa que la quinoa tendrá bajos o nulos rendimientos en una zona árida como Chilecito, si dependiera solo de la precipitación. Es por ello que se recomienda aplicar riego suplementario en la fase de floración, que corresponde al momento más sensible a los déficits hídricos (Tabla 1). Evaluando el mes de abril, cuando se produce la floración de la quinoa sembrada en diciembre, se observan los valores medios de la lámina de riego, suponiendo un riego cada diez días (Figura 3).





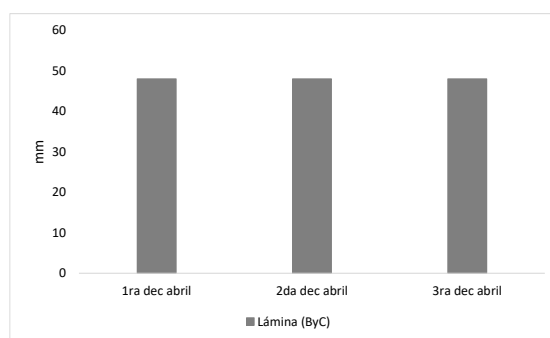
**Figura 1:** Valores de kc para el cultivo de quinoa



**Figura 2:** Precipitación, Evapotranspiración potencial mensuales medias y uso consuntivo

**Tabla 1.** Lámina de riego estimada por la metodología de Blaney-Criddle

Meses	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
Lám (mm)	172	169	179	144	71	32	31	39	45	56	59	113



**Figura 3:** Lámina de riego decadal

## CONCLUSIONES

Para asegurar una productividad aceptable destinada al autoconsumo en la economía familiar de Chilecito, la quinoa, a pesar de ser una especie tolerante a la falta de humedad en el suelo, necesita de la aplicación de riego suplementario en la fase de floración, el momento más sensible del ciclo a los déficit hídricos, con una lámina decadal de aproximadamente 48mm, lo que equivale a 48m<sup>3</sup>/ha.

## AGRADECIMIENTOS

Analia Prósperi, Subsecretaría de Agricultura Familiar Delegación La Rioja, Ministerio de Agroindustria.

## REFERENCIAS

- Allen, R.G.; L.S. Pereira; D. Raes and M. Smith. 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements– FAO irrigation and drainage paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1998.
- Brouwer, C y Heibloeu, M. 1987. Necesidades de agua de los cultivos. Manual de campo N3 de manejo del agua del riego. FAO, Roma, Italia. 70 p.
- Choquecallata, J.; Vacher, J.; Fellmann, T. e Imaña, E. 1991. Evapotranspiración máxima del cultivo de la quinoa por lisimetría y su relación con la evapotranspiración potencial en el Altiplano boliviano. Actas del II Congreso de cultivos andinos. La Paz, Bolivia.
- Doorenbos, J. y Pruitt, W.O. 1976. Las necesidades de agua de los cultivos; Estudio, riego y drenaje 24. FAO, Roma, Italia, 194 p.

## **ÁREA TEMÁTICA 6**

### **Variabilidad Climática y Cambio Climático**



# FACTOR CLIMÁTICO PARA LA PREDICCIÓN DE LA EROSIÓN EÓLICA EN ARGENTINA

Colazo, E.R.\*; Colazo, J.C.

UNLC, Héroes de Malvinas y Calle Publica S/N Villa de Merlo, Argentina  
INTA - UNSL, Ruta Nacional y Villa Mercedes, , Argentina

\*Contacto: ecolazo@unlc.edu.ar

**Palabras clave:** EWEQ; viento; precipitaciones; temperatura

## INTRODUCCIÓN

La erosión eólica es un proceso de degradación irreversible de los suelos que disminuye la productividad de los suelos. Aproximadamente la mitad de los suelos de Argentina poseen riesgo a sufrir procesos de erosión por el viento (Colazo *et al.*, 2018). El clima, el factor desencadenante de la erosión eólica, actúa a través de la velocidad, la frecuencia y la dirección predominante de los vientos así como de las precipitaciones. Una herramienta indispensable para evaluar los efectos de los cambios climáticos sobre la magnitud de los procesos erosivos es el uso de modelos predictivos. El factor climático “C” representa las condiciones climáticas de una región y es una medida de la tendencia del clima a producir condiciones que favorezcan el proceso erosivo (Skidmore, 1986). El factor C depende de la velocidad del viento, de la cantidad y distribución de las lluvias y de la demanda evaporativa de la atmósfera, es decir que involucra, principalmente, a tres variables: la velocidad del viento, la precipitación y la temperatura. La distribución del factor C para Argentina fue estudiada por Colazo *et al.*, (2008), analizando diferentes periodos hasta el año 2000. Es por ello que el objetivo del siguiente trabajo fue actualizar la distribución del factor climático durante el periodo 2001 – 2012 y compararlo con el periodo 1982 - 2001.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para estos cálculos se utilizaron datos de velocidad media anual de viento, precipitaciones y temperatura medias mensuales de 81 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), comprendiendo el periodo 1982 – 2012 (SMN, 2013). El factor C es un índice de erosividad climática. Este puede ser calculado para cualquier localidad en base a información climática de largo plazo y es expresado en % del factor C de Garden City, Kansas, al cual se le ha asignado un valor de 100 (Lyles 1983). Se calcula mediante la Ec. 1, siendo C: Factor Climático (%), v: velocidad media anual de viento a 100 m ( $\text{m s}^{-1}$ ), P: precipitaciones medias mensuales (cm), t: temperatura media mensual ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$$C = \frac{v^3}{\left(115 \sum_{12} \frac{P/2,54}{1,8 \times t + 22}\right)^2} \quad (1)$$

Para cada localidad el valor del factor C fue comparado entre periodos mediante una prueba t utilizando el software InfoStat v2014 (Di Rienzo *et al.*, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Factor C en el periodo 1982 - 2001 varió entre 0,1 (Cerro Azul) y 1344,9% (Trelew), con un valor medio de 87,75%. Durante el periodo comprendido entre 2001 y 2012, el valor mínimo fue 0,1 (Cerro Azul) y el máximo 1001,6 (San Juan), con un valor promedio de 72,4%. Estos valores son más altos a los reportados por Colazo *et al.*, (2008), quienes reportaron un valor promedio de 69,7% para el periodo 1950 – 2000. Se observa una tendencia a la disminución del factor C en la Patagonia. El factor C durante 2001- 2012 fue menor en Bariloche, Esquel, Río Gallegos y Río Grande (Tabla 1). Por el otro lado, comparando estos periodos, existió un incremento en las condiciones de erosividad de estaciones ubicadas en el oeste de Buenos Aires (Tres Arroyos, Pigue y Coronel Suarez) y centro del país (Córdoba y Reconquista). En Cuyo, existen estaciones con comportamiento opuestos (Mendoza y San Rafael), al igual que en el NOA (La Rioja y Orán). En el E del país no existe una tendencia clara, aunque se encontraron menores valores en Rosario y Las Lomitas.

## CONCLUSIONES

El análisis del Factor C para todo el país indica que comparando el periodo 1982 – 2001 con el 2001 – 2012, el riesgo medio de erosión eólica ha disminuido. Entre estos periodos existen estaciones con grandes disminuciones como las ubicadas en Patagonia, y otras que han aumentado el riesgo en el centro de país y algunos sectores de Cuyo y el NOA.

**Tabla 1.** Factor C (%) de la Erosión en Español de la erosión eólica para el periodo 1982 – 2001 y 2001 – 2012.  
 \*=P<0,05, \*\*=P<0,01.

Estación	Factor C			Estación	Factor C		
	1982 2001	2001 2012	t		1982 2001	2001 2012	t
La Quiaca Obs.	31,0	4,9		Marcos Juárez Inta	20,1	9,3	
Oran Aero	0,5	1,7	*	Marcos Juárez Aero	5,6	3,7	
Jujuy Aero	4,6	4,3		Rosario Aero	6,5	2,7	*
Salta Aero	2,1	1,7		Pergamino Inta	2,5	3,4	
Las Lomitas	4,3	1,5	*	Concepción Del Uruguay Inta	1,2	1,1	
Iguazú Aero	0,1	0,1		Gualedaychú Aero	1,3	1,5	
Famailla Inta	0,2	0,3		Malargüe Aero	11,4	41,9	
Santiago Del Estero Aero	10,4	8,8		San Rafael Aero	13,8	48,9	*
Resistencia Aero	0,9	2,0		General Pico Aero	4,7	7,0	
Colonia Benítez Inta	1,1	1,5		Laboulaye Aero	5,3	3,9	
Formosa Aero	3,2	2,7		Pehuajó Aero	2,5	3,5	
Corrientes Aero	1,7	2,5		Junín Aero	2,8	2,4	
Posadas Aero	0,8	0,4		Nueve De Julio	1,9	1,8	
Cerro Azul Inta	0,1	0,1		San Miguel	1,0	0,7	
Tinogasta	55,3	90,7		El Palomar Aero	3,1	2,5	
La Rioja Aero	9,3	53,7	**	Castelar Inta	0,7	0,3	
Catamarca Aero	403,3	439,6		Ezeiza Aero	4,6	3,1	
Ceres Aero	5,0	8,2		Aeroparque Aero	5,3	7,8	
Reconquista Aero	2,2	3,8	*	Buenos Aires	1,5	0,8	
Bella Vista Inta	0,6	0,5		La Plata Aero	4,2	3,3	
Paso De Los Libres Aero	1,5	3,2		Punta Indio B.A.	4,8	5,6	
Jachal	27,2	24,9		Santa Rosa Aero	6,6	14,3	
San Juan Aero	919,5	1001,6		Coronel Suarez Aero	6,2	13,2	*
San Juan Inta	238,5	307,4		Tandil Aero	5,5	5,9	
Chamical Aero	22,4	39,0		Dolores Aero	1,9	1,4	
Villa Dolores Aero	3,6	5,1		Pigue Aero	2,0	5,8	*
Córdoba Aero	5,2	9,2	**	Laprida	2,9	4,3	
Córdoba Observatorio	0,5	2,2		Tres Arroyos	3,8	8,0	*
Pilar Obs.	3,0	3,3		Mar Del Plata Aero	7,3	4,6	
Sauce Viejo Aero	5,7	3,7		Neuquén Aero	165,9	176,5	
Paraná Inta	9,2	8,0		Bahía Blanca Aero	72,2	88,2	
Paraná Aero	3,6	2,1		Bariloche Aero	8,3	3,7	*
Monte Caseros Aero	0,4	0,7		Maquinchao	47,9		
Concordia Aero	0,8	0,8		Viedma Aero	470,6	206,5	
San Martín (Mza)	24,1	33,7		Esquel Aero	64,5	19,9	**
Mendoza Aero	120,0	34,1	**	Trelew Aero	1344,9	740,6	
Mendoza Observatorio	23,6	7,8	*	Comodoro Rivadavia Aero	851,1	826,0	
San Luis Aero	35,2	50,0		San Julián Aero	1049,0	934,0	
Villa Reynolds Aero	6,6	12,3		Rio Gallegos Aero	569,4	279,1	*
Rio Cuarto Aero	11,7	14,3		Rio Grande B.A.	310,2	86,0	**
Chacras De Coria	14,0	25,9					

## REFERENCIAS

- Colazo, J.C.; Panebianco, J.E.; del Valle, H.F.; Godagnone, R.; Buschiazzi, D.E. 2008. Erosión eólica potencial de suelos de Argentina. Efecto de registros climáticos de distintos periodos. En Actas del XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 2008, Potrero de los Funes. Argentina
- Colazo J.C., Carfagno, P.; Gozdenovich, J.; Buschiazzi, D. 2018. Soil Erosion. In: Rubio G., R. Lavado & F. Pereyra (Eds.), The soils of Argentina. World Soils Book Series Springer.
- Di Rienzo J.A.; Casanoves, F.; Balzarini M.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo C. 2014. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Lyles, L. 1983. Erosive wind energy distributions and climatic factors for the West. J. Soil. W. Cons. 38(2): 106 -109.
- Skidmore, E.L. 1986. Wind erosion climatic erosivity. Climatic change 9:195-208.

# RESILIENCIA A LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA DE LOS PRODUCTORES AGROPECUARIOS DEL SUR DE CÓRDOBA

Rivarola, A.d.V.<sup>1\*</sup>; Vinocur, M.G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. N° 36 Km 601, Río Cuarto, XYB, Argentina

\*Contacto: arivarola@ayv.unrc.edu.ar

**Palabras clave:** capacidad adaptativa; sistemas socio-ecológicos agropecuarios

## INTRODUCCIÓN

En los gobiernos y en la sociedad en su conjunto existe una preocupación creciente sobre los desafíos a enfrentar como resultado de los fenómenos climáticos extremos y su variabilidad. Para disminuir sus efectos negativos se debe partir de la concepción de que el sistema social y el sistema ecológico interactúan de forma compleja con relaciones no lineales entre las variables que determinan su funcionamiento, conformando lo que se denomina un Sistema Socio-Ecológico (SSE) (Ostrom, 2009).

Una forma de estudiar el comportamiento de los SSE, es a través de la resiliencia, que hace referencia a la habilidad del sistema para absorber perturbaciones y mantener sus atributos básicos, a la capacidad del sistema de auto-organizarse a través de estrategias de aprendizaje, adaptación e innovación en un contexto de cambio (Folke, 2006, Cutter, 2008; Plumer et al., 2008). La creación de instituciones flexibles y redes sociales, así como el desarrollo de prácticas de gestión de los recursos que impulsen el aprendizaje continuo, son considerados elementos esenciales a la hora de identificar la capacidad de un sistema de reaccionar a los choques externos o perturbaciones (Folke, 2006). Este trabajo trata de identificar la resiliencia de los productores agropecuarios del sur de la provincia de Córdoba ante la variabilidad climática, mediante el análisis de una de sus principales características, que es la capacidad adaptación del SSE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprendió dos localidades ubicadas en el sur de la provincia de Córdoba, conformando cada una de ellas un caso de estudio: Oncativo (Norte), Laboulaye (Sur). Su selección se basó en los riesgos climáticos diferentes (sequía e inundaciones, respectivamente) que ellas enfrentan.

Se realizó una encuesta semi-estructurada, para obtener información general sobre la explotación, el productor y los eventos climáticos que lo afectaron. El universo de la muestra quedó constituido por todos los productores agropecuarios residentes en un radio aproximado de 50 km alrededor de ambas localidades. El tamaño de la muestra se determinó a partir del número total de los distintos sistemas agropecuarios existentes en cada zona, según el Relevamiento Agropecuario de 1999 (INTA- SAG, 1999).

La capacidad de adaptación de los productores agropecuarios a la variabilidad climática, se analizó a través de tres atributos propuestos por Masera y López-Ridaura (2000), en el proyecto Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo Incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), que son los siguientes:

- Flexibilidad:** definida como la capacidad del productor de encontrar nuevos niveles de equilibrio ante cambios de largo plazo en el ambiente; de adecuarse a nuevas condiciones del entorno socio- ecológico, por medio de procesos de innovación y aprendizaje. Por ejemplo: diversificación de los cultivos (variedad de cultivos), semillas, tipo de tenencia de tierras, tamaño y números de explotaciones.

- Estabilidad:** entendida como la posibilidad del productor de mantener un estado de equilibrio dinámico estable. Es decir proporcionar una producción estable (no decreciente) en el transcurso del tiempo y la que a su vez depende del nivel de flexibilidad que posea el productor. Dentro de ella se consideran la compra y venta de predios, mercados de insumos y productos, exposición a riesgos climáticos importantes, otros ingresos económicos.

- Acceso a Recursos:** pensado como la capacidad de acceder o disponer de determinados bienes y servicios capaces de acrecentar su capacidad de adaptación, que posicionan ventajosamente a quien los posee frente a un riesgo y reducen su vulnerabilidad en comparación con aquellos que no los poseen. Por ejemplo, los recursos financieros, comerciales, seguros, asistencia técnica y programas de fomento, entre otros.

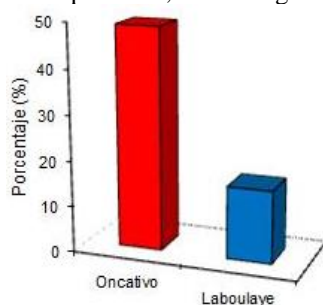
Los datos recolectados mediante las encuestas se codificaron, tabularon y analizaron usando el programa estadístico SPSS (SPSS, 1999) obteniendo la información necesaria para construir indicadores referidos a esos tres atributos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

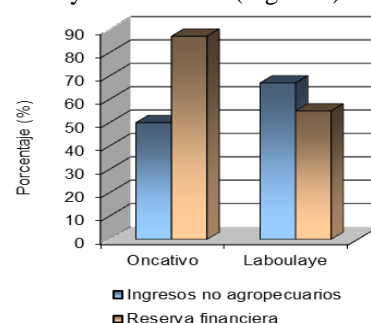
Desde el punto de vista de la *flexibilidad*, los productores agropecuarios de ambas localidades han incorporado diferentes estrategias para enfrentar la variabilidad climática y tratar de mantener la productividad de sus explotaciones. Entre ellas se destacan la diversificación de los cultivos: entre el 30 al 50% de los productores encuestados han modificado su planteo agrícola incorporando otros cultivos y cambiando su manejo tecnológico (siembra directa y rotación de cultivos) para evitar el deterioro físico del suelo. Otra estrategia adoptada que demuestra flexibilidad, fue la modificación del sistema de producción ganadero pasando de un ciclo completo a realizar cría e invernada ó en algunos casos han abandonado este tipo de actividad por su baja rentabilidad

(i.e. productores de Oncativo). En otros casos, el principal factor que determinó este cambio fue la ocurrencia de eventos climáticos extremos, como las inundaciones en Laboulaye. En esa localidad, algunas estrategias de adaptación para enfrentar a ese fenómeno fueron: el traslado de la hacienda hacia otras áreas, disminución del stock y el suministro de balanceado y de fardos para suplementar la escasez de alimento. Además, se observa que en ambas localidades alrededor del 60 al 65% de los productores aplican la desconcentración geográfica de la localización de sus explotaciones, como medida adaptativa para disminuir la exposición al riesgo climático.

Considerando el atributo *estabilidad*, se comprobó que los productores agropecuarios de ambas localidades han utilizado diferentes estrategias de adaptación para mantener la estabilidad y persistencia de sus explotaciones a través del tiempo. La modificación de la escala productiva fue utilizada en ambas localidades (Figura 1), en el caso de los productores de Laboulaye optaron por la venta parcial o total de sus explotaciones por razones climáticas (como respuesta a las inundaciones). Con respecto a los ingresos económicos del productor y de su familia, se observó que en ambas localidades tienen otros ingresos provenientes de actividades no-agropecuarias (comercio, docencia, contratista rural, actividad profesional) y disponibilidad de reserva financiera, ya sea en dinero ó producto, como resguardo financiero ante situaciones de estrés climático y/o económico (Figura 2).



**Figura 1.** Compra/venta de superficie por localidad



**Figura 2.** Recursos económicos disponibles por el productor

En el atributo *acceso a recursos*, es muy importante los recursos tecnológicos que los agricultores tienen disponibles y han aplicado en sus diferentes sistemas productivos. En la producción agrícola, predomina un alto grado de mecanización y aplicación de diferentes tecnologías, especialmente el uso de agroquímicos. En cuanto al riego artificial, como medida adaptativa ante situaciones de déficit hídrico prolongado, en ninguno de los casos bajo estudio lo han utilizado, debido a los elevados costos de implementación y/o a la baja calidad de agua disponible en la zona, como en Laboulaye. Los seguros contra riesgos climáticos, principalmente granizo, es una estrategia utilizada por el 60% de los productores en Oncativo y el 35% en Laboulaye. Una de las causas que explica el bajo porcentaje de contratación de dichos seguros es su elevado costo y su impacto en la rentabilidad del productor ante las fuertes variaciones de los precios agropecuarios. También se analizó la disponibilidad y utilización de información agrometeorológica, observando que los productores agropecuarios de ambas localidades consultan habitualmente la información climática para tomar decisiones sobre el manejo integral de la explotación y esa consulta aumentaba a medida que crecía el tamaño de la explotación. Consultaban preferentemente los pronósticos meteorológicos de corto plazo y en segundo lugar realizaban un seguimiento diario del estado del tiempo.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de las encuestas permiten afirmar que los productores agropecuarios del sur de la provincia de Córdoba utilizan indudablemente conductas adaptativas. Es decir que efectúan cambios en su programación productiva frente a las condiciones climáticas y que estos cambios destacan la existencia de actitudes y acciones de auto-organización, innovación y aprendizaje, características fundamentales que determinan la resiliencia de un SSE.

## REFERENCIAS

- Cutter, L.S.; Barnes, L.; Berry, M.; Burton, C.; Evans, E.; Tate, E.; Webb, J. 2009. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Global Env. Change* 18: 598-606.
- Folke, C. 2006. Resilience: the emergence of a perspective for social-ecological systems analyses. *Global Env. Change* 16: 253-267
- INTA-Secretaría de Agricultura, Ganadería y Alimentos de Córdoba. 1999. Relevamiento Agropecuario de la Pcia. de Cba.
- Masera, O.; López-Ridaura (Eds.). 2000. Sustentabilidad y Sistemas Campesinos: Cinco Experiencias de Evaluación en el México Rural. México, DF. 262pp.
- Ostrom, E. 2009. A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems. *Science*. 325. 5939: 419-422.
- Plumer, R.; Armitage, D. 2007. A resilience-based framework for evaluating adaptive co-management: linking ecology, economics and society in a complex world. *Ecological Economics* 61: 62-74.

# AMPLITUD TÉRMICA (DTR) Y RENDIMIENTO DE TRIGO EN LA REGIÓN PAMPEANA: DIFERENCIAS REGIONALES

Barberis, J.G.<sup>1\*</sup>; Barrucand, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Educación Agropecuaria Facultad de Agronomía (UBA) Av. San Martín 4453, C1417DSE, Bs. As., Argentina

<sup>2</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (UBA)- CONICET Ciudad Universitaria Pab 2, C1428EGA, Buenos Aires, Argentina

\*Contacto: barberis@agro.uba.ar

**Palabras clave:** *Triticum aestivum*; temperatura máxima; temperatura mínima

## INTRODUCCIÓN

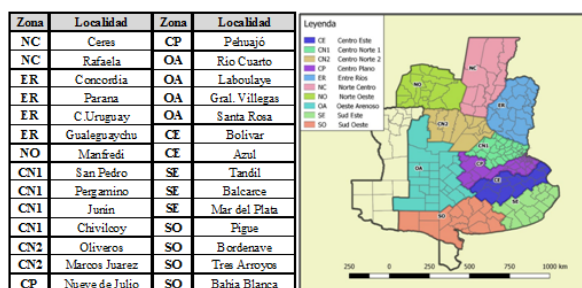
El índice DTR (amplitud térmica por sus siglas en inglés) expresa la diferencia entre las temperatura máxima (tmax) y temperatura mínima (tmin), y es señalado por Braganza *et al.*, (2004) como un índice indicador de la variabilidad y cambio climático.

Lobell (2007) señala que aumentos en el DTR tuvieron efectos negativos y estadísticamente significativos en los rendimientos trigo en Australia y Canadá, mientras que tuvieron un efecto positivo en Francia. Se cree que los aumentos en el DTR producen mermas en los rendimientos debido a la reducción asociada en la aparición de heladas. Por otro lado, el aumento de DTR se asocia a menudo con una mayor radiación solar, y en trigo puede dar lugar a una mayor captura de recursos (Lobell y Ortiz-Monasterio 2007). Asimismo, Lobell (2007) afirma que los cambios de DTR están fuertemente correlacionados con los cambios en la precipitación. Una mayor precipitación está asociada con una mayor cobertura de nubes que tiende a reducir DTR.

El objetivo de este trabajo fue el de analizar la influencia de la amplitud térmica sobre los rendimientos de trigo en la región pampeana en los últimos 30 años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio, se utilizaron datos diarios de tmax y tmin de 28 estaciones meteorológicas distribuidas en la región centro-oriental de Argentina en el período 1980-2009, a partir de datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Siguiendo a Rusticucci y Barrucand (2001), los datos fueron sometidos a un control de calidad. En todos los casos, el número de datos faltantes fue inferior al 15%. Asimismo, se consideraron datos de rendimiento de trigo de los departamentos correspondientes a cada estación meteorológica, provenientes del Sistema Integrado de Información Agropecuaria (MAGyP). En todos los casos, se consideraron los meses del ciclo del cultivo (junio a diciembre). Las estaciones fueron agrupadas en distintas subregiones, considerando la ubicación geográfica, el tipo de suelo y la precipitación, siguiendo a Abeledo y Miralles (2011). La figura 1 presenta el detalle de estaciones y regiones analizadas.



**Figura1.** Estaciones utilizadas en el presente estudio y región de pertenencia

A partir de los datos de tmax y tmin, se calculó el índice DTR a escala decadal (10 días) según

$$DTR_j = \sum TX_{ij} - TN_{ij} \quad (1)$$

Donde TX<sub>ij</sub> y TN<sub>ij</sub> son la temperatura máxima y mínima diaria, respectivamente, en el día i y período (década) j. En nuestro caso son intervalos de 10 días (u 11 para la tercera década de los meses con 31 días). Luego se tomaron promedios de tres décadas consecutivas; de esta forma, Jun\_1 representa la DTR de las décadas 1,2 y 3 de Junio, Jun\_2 representa la DTR de la segunda y tercera década de Junio y primera de Julio, y así sucesivamente. A partir de los índices de DTR calculados, se realizó una correlación lineal entre éstos y las series de rendimientos de trigo, a los que previamente se les filtró la tendencia presente debido al avance tecnológico. A éstas series filtradas las llamaremos “residuos de rendimientos” o simplemente, rendimientos.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 2 se presentan los resultados de las correlaciones entre el índice DTR y los rendimientos de trigo.

**Tabla 2.** Correlaciones entre las series de DTR con los residuos de los rendimientos de cada departamento de la estación analizada. Correlaciones significativas ( $p < 0.05$ ) resaltadas en verde (positivas) y en rojo (negativas)

Zona	Lat.	Long.	Localidad	Jun_1	Jun_2	Jun_3	Jul_1	Jul_2	Jul_3	Ago_1	Ago_2	Ago_3	Set_1	Set_2	Set_3	Oct_1	Oct_2	Oct_3	Nov_1	Nov_2	Nov_3	Dic_1
NC	-29.88	-61.93	Ceres	-0.44	-0.62	-0.28	-0.09	0.13	0.17	-0.08	-0.16	-0.45	-0.20	-0.21	-0.07	-0.17	-0.10	-0.04	-0.01	SC	SC	SC
NC	-31.20	-61.50	Rafaela	-0.24	-0.51	-0.40	-0.13	-0.11	-0.05	-0.28	-0.19	-0.51	-0.28	-0.33	-0.12	-0.18	0.09	0.10	0.03	SC	SC	SC
ER	-31.38	-58.12	Concordia	-0.04	-0.18	-0.25	-0.19	0.16	0.04	0.22	0.13	0.37	0.20	0.28	0.07	-0.02	-0.19	0.01	0.24	0.22	SC	SC
ER	-31.79	-60.48	Parana	-0.33	-0.32	-0.31	-0.02	-0.19	-0.08	-0.29	0.00	-0.21	-0.07	-0.05	0.23	0.24	0.16	-0.07	-0.05	-0.08	SC	SC
ER	-32.48	-58.36	C.Uruguay	-0.09	-0.11	-0.06	0.04	-0.22	-0.20	-0.12	0.13	0.16	0.11	0.15	0.32	0.46	0.35	0.18	0.09	0.17	SC	SC
ER	-33.01	-58.61	Gualeduaychu	0.06	0.09	0.13	0.27	-0.11	-0.06	-0.05	0.14	0.09	0.08	0.27	0.41	0.49	0.24	-0.06	-0.18	-0.14	SC	SC
NO	-31.86	-63.74	Manfredi	-0.10	-0.44	-0.24	-0.24	-0.04	-0.08	-0.22	-0.09	-0.30	-0.16	-0.31	-0.20	-0.29	-0.16	-0.05	0.25	0.48	SC	SC
CN1	-33.74	-59.80	San Pedro	0.00	0.07	0.03	0.11	0.00	0.00	0.06	-0.03	-0.09	-0.06	0.11	0.36	0.44	0.29	0.18	0.00	0.08	0.10	SC
CN1	-33.93	-60.56	Pergamino	0.03	0.09	0.15	0.40	0.25	0.30	0.24	0.26	0.03	-0.05	-0.01	0.28	0.41	0.30	0.19	0.06	0.04	0.01	SC
CN1	-34.55	-60.93	Junin	0.07	-0.02	-0.04	0.30	0.34	0.46	0.52	0.50	0.31	0.29	0.28	0.45	0.56	0.53	0.52	0.45	0.39	0.31	SC
CN1	-34.96	-60.04	Chivilcoy	-0.09	-0.03	0.17	0.24	0.06	0.12	0.17	0.31	0.34	0.47	0.42	0.40	0.23	0.23	0.22	0.31	0.38	0.27	0.22
CN2	-32.56	-60.87	Oliveros	-0.22	-0.32	-0.23	0.10	-0.01	0.11	-0.08	-0.09	-0.29	-0.30	-0.14	0.17	0.29	0.25	0.03	0.01	-0.08	SC	SC
CN2	-32.72	-62.10	Marcos Juárez	-0.16	-0.34	-0.18	0.06	0.03	-0.06	-0.24	-0.24	-0.40	-0.37	-0.38	-0.10	-0.09	-0.01	-0.12	0.10	0.26	SC	SC
CP	-35.40	-60.93	9 de Julio	-0.09	-0.05	0.18	0.30	0.17	0.20	0.19	0.24	0.27	0.35	0.35	0.32	0.18	0.19	0.12	0.32	0.37	0.28	SC
CP	-35.84	-61.86	Pehuajo	0.13	0.16	0.26	0.36	0.52	0.47	0.47	0.38	0.32	0.29	0.28	0.42	0.47	0.54	0.53	0.55	0.48	0.50	0.50
OA	-33.09	-64.28	Rio Cuarto	0.21	0.10	0.07	-0.30	-0.22	-0.28	-0.24	-0.34	-0.47	-0.55	-0.46	-0.22	-0.25	-0.30	-0.29	-0.11	0.11	SC	SC
OA	-34.13	-63.36	Laboulaye	0.07	0.07	0.09	0.04	-0.14	-0.37	-0.42	-0.36	-0.50	-0.45	-0.54	-0.32	-0.41	-0.30	-0.22	-0.11	0.08	0.14	SC
OA	-35.12	-63.01	Gral Villegas	-0.56	-0.42	-0.62	-0.71	-0.51	-0.31	-0.52	-0.72	-0.77	-0.74	-0.74	-0.44	-0.31	-0.13	-0.18	-0.58	-0.40	-0.23	SC
OA	-36.59	-64.28	Santa Rosa	-0.13	-0.28	-0.26	-0.40	-0.34	-0.27	-0.44	-0.47	-0.47	-0.52	-0.53	-0.56	-0.62	-0.68	-0.66	-0.42	-0.06	-0.07	SC
CE	-36.19	-61.07	Bolívar	-0.42	-0.32	-0.17	-0.13	-0.12	0.00	0.03	-0.02	0.08	0.11	0.26	0.17	0.17	0.07	0.07	0.14	0.19	0.03	0.09
CE	-36.83	-59.89	Azul	-0.44	-0.52	-0.47	-0.37	-0.30	-0.23	-0.21	-0.28	-0.09	-0.06	0.21	0.04	0.07	-0.10	-0.18	-0.13	-0.19	-0.26	-0.25
SE	-37.27	-59.10	Tandil	-0.13	-0.01	0.05	0.06	0.14	0.03	0.05	-0.11	0.16	0.15	0.28	0.09	0.21	0.18	0.14	0.10	0.09	-0.02	0.02
SE	-37.76	-58.30	Balcarce	-0.08	-0.13	-0.07	0.02	0.04	-0.11	0.00	-0.06	0.09	-0.05	-0.07	-0.14	0.02	0.16	0.22	0.27	0.18	0.13	0.07
SE	-37.93	-57.58	Mar De Plata	0.07	0.06	0.05	0.05	0.16	-0.06	-0.05	-0.16	-0.02	-0.11	-0.10	-0.08	0.06	0.19	0.19	0.27	0.25	0.30	0.24
SO	-37.61	-62.39	Pigue	-0.05	-0.28	-0.31	-0.35	-0.35	-0.49	-0.44	-0.37	-0.39	-0.50	-0.57	-0.59	-0.55	-0.51	-0.26	-0.04	0.10	0.10	0.04
SO	-37.77	-63.09	Bordenave	-0.26	-0.18	-0.28	-0.46	-0.55	-0.59	-0.52	-0.51	-0.52	-0.54	-0.60	-0.62	-0.58	-0.65	-0.58	-0.57	-0.56	-0.51	-0.58
SO	-38.41	-60.33	Tres Arroyos	-0.51	-0.36	-0.34	-0.23	-0.24	-0.03	-0.23	-0.20	-0.08	0.06	-0.11	-0.27	-0.34	-0.34	-0.53	-0.44	-0.46	-0.24	-0.26
SO	-38.72	-62.16	Bahía Blanca	-0.11	-0.23	-0.33	-0.47	-0.35	-0.16	-0.08	-0.16	-0.35	-0.36	-0.44	-0.58	-0.60	-0.62	-0.45	-0.36	-0.25	-0.22	-0.22

Aquí se muestran mayormente relaciones positivas en las zonas ubicadas en el centro este (ER, CN1, CP) y negativas en las zonas ubicadas al oeste (OA, SO) y Norte (NC).

Climáticamente las estaciones del este son más húmedas que las del oeste, más allá que debido a la variabilidad interanual, algunos años son más húmedos y otros más secos. Considerando resultados previos analizando  $t_{min}$  cálidas y  $t_{max}$  cálidas, se observa que las localidades climáticamente más secas serían más sensibles a los extremos cálidos (por lo que un aumento de DTR por incremento de días cálidos sería perjudicial, de allí la relación inversa DTR-rendimiento), mientras que las localidades más húmedas estarían más influenciadas por los extremos de  $t_{min}$  cálida (por lo que una disminución de la amplitud térmica, producto de elevadas temperaturas mínimas resultaría perjudicial). El DTR, por tanto, tendría impactos diferenciados en función de las características del lugar.

## CONCLUSIONES

En función de los antecedentes mencionados, y los resultados aquí encontrados, se puede concluir que el DTR, al involucrar información de  $t_{max}$ ,  $t_{min}$  e, indirectamente, humedad, es un índice altamente correlacionado con los rendimientos de trigo. El efecto de este índice no es universal, puede ser positivo o negativo a lo largo de todo el ciclo del cultivo. Para el caso de la pampa húmeda, se evidencia que las localidades del oeste son más sensibles al aumento de DTR por  $t_{max}$  elevadas, mientras que las localidades del este son más sensibles a la disminución de DTR por aumento de  $t_{min}$  elevadas.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto PIP 0137.

## REFERENCIAS

- Abeledo, G.; Miralles, D. 2011 Sistemas de Producción de Trigo y Cebada: Decisiones de manejo en base a conceptos ecofisiológicos para optimizar el rendimiento, la calidad y el uso de los recursos. Cap 4. Valle, Lizana, Calderini Eds. CYTED 192 pp
- Braganza, K.; Karoly, D.; Arblaster, J. 2004. Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L13217, doi:10.1029/2004GL019998.
- Lobell, D. 2007. Changes in diurnal temperature range and national cereal yields. Energy and Environment Directorate. Lawrence Livermore National Laboratory. UCRL-JRNL-230756. 23pp.
- Lobell, D.; Ortiz-Monasterio, J. 2007. Impacts of Day Versus Night Temperatures on Spring Wheat Yields: A Comparison of Empirical and CERES Model Predictions in Three Locations. *Agron. J.* 99, 469–477.
- Rusticucci, M.; Barrucand, M. 2001. Climatología de temperaturas extremas en la Argentina. Consistencia de datos. Relación entre la temperatura media estacional y la ocurrencia de días extremos. *Meteorológica*. Vol 26 69-83.

# VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACION EN DISTINTAS ESCALAS DE TIEMPO EN EL NORESTE DE LA PAMPA

Bongianino, S.<sup>1\*</sup>; Mendez, M.<sup>1 y 2</sup>; Casagrande, G.<sup>1</sup>; Vergara, G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UNLPam., Ruta Nacional 35 km 334, Santa Rosa, La Pampa, CP: 6300, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de ciencias de la tierra y ambientales de La Pampa (UNLPam-CONICET).

\*Contacto: sergiobongianino@hotmail.com

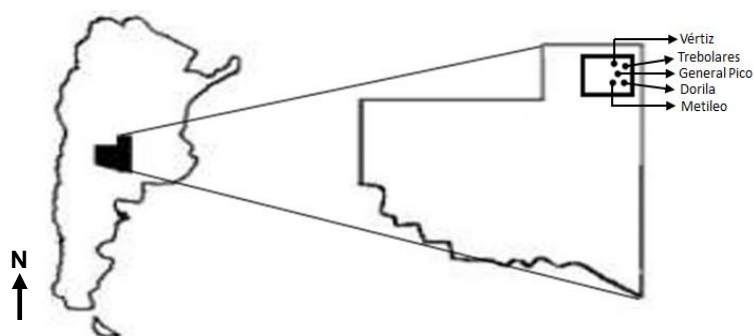
**Palabras clave:** Oeste región pampeana; lluvia; producción agropecuaria

## INTRODUCCIÓN

La producción agropecuaria es de gran importancia para la economía de La Pampa, y se realiza en condiciones de secano. Es por esto, que está condicionada por la precipitación y su variabilidad, las cuales son sensibles al cambio del clima (IPCC, 2007). Considerando que nos encontramos en un contexto de cambio climático global y regional, el objetivo de este trabajo fue analizar y comprender la variabilidad de las precipitaciones medias anuales, en el noreste de La Pampa en las escalas temporales de 21, 11 y 3 años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se utilizaron datos de precipitación anual, correspondientes a la serie 1921-2017 (APA, 2018), de las estaciones pluviométricas de General Pico (35°40' S, 63°44' O), Vértiz (35°26' S, 63°54' O), Metileo (35°46' S, 63°56' O), Dorila (35°47' S, 63°42' O) y Trebolares (35°35' S, 63°35' O), ubicadas entre las isohietas anuales de 700 y 800 mm (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de las estaciones pluviométricas en La Pampa, Argentina.

Las 5 estaciones seleccionadas, presentaron coeficientes de correlación superiores a 0,77 para las precipitaciones anuales de la serie analizada, indicando una alta asociación estadísticamente significativas ( $p < 0.0001$ ) entre las mismas. Por lo tanto, se trabajó con el resultado promedio de las 5 estaciones.

Para describir la precipitación anual, se utilizaron medias móviles para escalas temporales de 21, 11 y 3 años y para conocer la variabilidad en dichas escalas, se utilizó el desvío estándar de las precipitaciones que es una medida de dispersión de los datos con respecto a su promedio. Luego, para comprender la magnitud de las variaciones anuales de la precipitación se calculó para cada año, el desvío estandarizado o tipificado (fórmula 1).

$$Z_i = \frac{\chi_i - \bar{\chi}}{\sigma} \quad (1)$$

donde:  $Z_i$  = Desvío estandarizado anual de las precipitaciones,  $\chi_i$  = Precipitación media anual,  $\bar{\chi}$  = Precipitación promedio,  $\sigma$  = Desvío estándar de las precipitaciones.

Finalmente, se consideraron eventos extremos de precipitación anual a los valores por encima del percentil 95 (positivos) y por debajo del percentil 5 (negativos).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

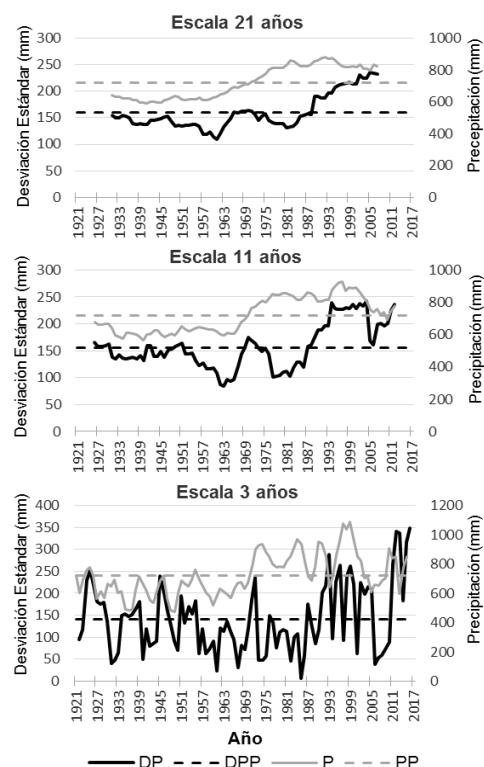
Los resultados muestran que durante el período 1921-1965 las precipitaciones, en las tres escalas temporales estuvieron por debajo de su media, sin una tendencia de aumento o disminución notoria. Mientras que, la variabilidad tuvo valores relativamente bajos a intermedios (Figura 2).

Para el período 1965-1985, en todas las situaciones, la variabilidad interanual de las precipitaciones (DP) tomó valores, en su mayoría, por debajo de su media. Asimismo, desde la década del '70, se incrementaron las precipitaciones anuales y esto, podría estar asociado a "la transición climática de 1976/77" (Agosta y Compagnucci, 2008).

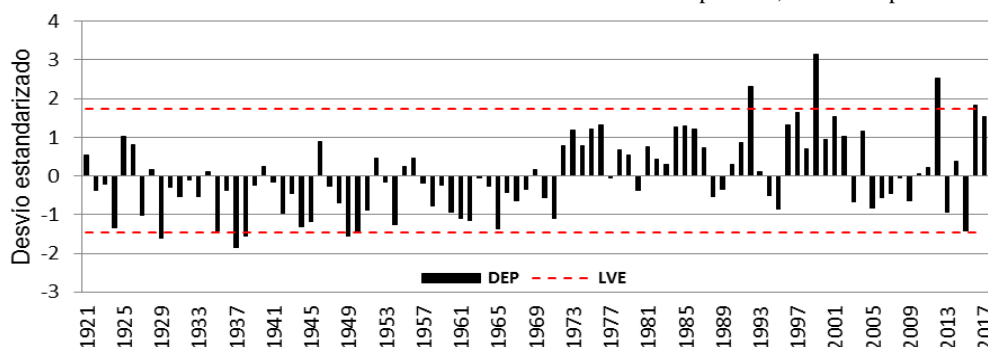
A partir de 1985, se observó un aumento sostenido en la variabilidad de las precipitaciones, hasta la actualidad en la escala de 21 años, hasta 2005 en la de 11 años y hasta 1993 en la de 3 años (Figura 2). En la escala de 3 años, la variabilidad desde finales de la década del '80 se mantuvo por encima de los valores medios, la mayor parte del tiempo, alcanzando en la actualidad los valores de variabilidad más altos de toda la serie. A su vez, se observan cambios abruptos en la variabilidad y con mayor frecuencia de ocurrencia.

Para la producción agropecuaria, desde el punto de vista pluvial, la mejor década fue 1975-1985 ya que presentó mayor cantidad de precipitación anual con baja variabilidad, y las peores fueron 1930-1940 y 1955-1965 debido a los bajos valores de precipitación con baja variabilidad interanual.

Los desvíos estandarizados de las precipitaciones anuales (Figura 3), muestran que antes de 1970 prevalecían desvíos negativos de precipitación, con eventos extremos negativos. Luego de la década del '70, hubo un aumento en las precipitaciones, con valores positivos. A partir de 1990, se observó la ocurrencia de valores extremos positivos y de mayor magnitud con respecto a los extremos negativos obtenidos en las décadas precedentes. Además, se observa una alternancia, con mayor frecuencia, de períodos secos y húmedos, esto concuerda con los datos obtenidos por Maenza *et al.*, (2017), para esta región.



**Figura 2.** Evolución de la precipitación media anual y su variabilidad en distintas escalas de tiempo. DP = Desvío Precipitación, DPP = Desvío Precipitación Promedio, P = Precipitación, PP = Precipitación Promedio.



**Figura 3.** Desvío anual estandarizado de las precipitaciones. Donde: DEP = Desvío estándar de la precipitación anual y LVE = Límites de los valores extremos.

## CONCLUSIONES

Para todas las escalas temporales analizadas, desde 1970 hasta mediados de los '80, las precipitaciones medias anuales aumentaron alcanzando valores elevados en relación a su promedio, pero con valores bajos de variabilidad interanual. Luego de 1985, se incrementó su variabilidad. Mientras tanto, a menor escala estudiada se concluye que las últimas tres décadas (1987-2017) se caracterizaron por cambios abruptos en la variabilidad de las precipitaciones, de mayor amplitud, mayor frecuencia de ocurrencia y con eventos extremos positivos.

## AGRADECIMIENTOS

Facultad de Agronomía de la UNLPam. y Administración Provincial del Agua de La Pampa (APA).

## REFERENCIAS

- Agosta, E.A.; Compagnucci, R.H. 2008. Procesos atmosféricos/oceánicos de baja frecuencia sobre la cuenca sudoeste del Atlántico Sur y la variabilidad de la precipitación en el centro-oeste de Argentina. *Geoacta*, 33, 21-31.
- APA (Administración Provincial del Agua), 2018. Datos Históricos de Lluvias. Disponible en: <http://www.apa.lapampa.gov.ar/lluvias/historico.html>
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Summary for Policymakers. En: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Maenza, R.A.; Agosta, E. A.; Bettolli, M.L. 2017. Climate change and precipitation variability over the western 'Pampas' in Argentina. *International journal of climatology* 37 (Suppl.1): 445-463.

# VARIABILIDAD DE LA INTENSIDAD DE LA PRECIPITACIÓN EN DISTINTAS ESCALAS DE TIEMPO EN EL NORESTE DE LA PAMPA

Bongianino, S.<sup>1\*</sup>; Mendez, M.<sup>1 y 2</sup>; Casagrande, G.<sup>1</sup>; Vergara, G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, UNLPam., Ruta Nacional 35 km 334, Santa Rosa, La Pampa, CP: 6300, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de ciencias de la tierra y ambientales de La Pampa (UNLPam-CONICET).

\*Contacto: sergiobongianino@hotmail.com

**Palabras clave:** Oeste región pampeana; producción agropecuaria; aprovechamiento del agua

## INTRODUCCIÓN

La actividad agropecuaria en La Pampa se realiza en condiciones de secano. Por lo tanto, debe ser eficaz y eficiente en el uso del agua, ya que es el principal factor limitante de la producción en regiones semiáridas.

Un indicador del riesgo para el aprovechamiento del agua pluvial es la intensidad de las precipitaciones, que es un elemento sensible a la variabilidad y al cambio del clima (IPCC, 2007). Debido a esto, se planteó el presente trabajo con el objetivo de estudiar la variabilidad de la intensidad media diaria de la precipitación anual, en el noreste de La Pampa, para las escalas temporales de 21, 11 y 3 años.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se utilizaron datos de precipitación anual y número de días al año con precipitación, correspondientes a la serie 1921-2017 (APA, 2018), de la estación pluviométrica de General Pico (35°40' S, 63°44' O y 143 msnm) (Figura 1).



**Figura 1.** Ubicación de General Pico, La Pampa.

Posteriormente, se calculó la intensidad media diaria de la precipitación anual (IMDP) mediante la fórmula 1.

$$IMDP = \frac{P}{DP} \quad (1)$$

donde: *IMDP* = Intensidad media diaria de la precipitación anual, *P* = Precipitación anual, *DP* = Cantidad de días con precipitación por año.

Para describir la IMDP, se utilizaron medias móviles para las escalas temporales de 21, 11 y 3 años. Para conocer la variabilidad interanual en cada período, se utilizó el desvío estándar de la IMDP que es una medida de dispersión de los datos con respecto a su promedio. Luego, para comprender la magnitud de las variaciones anuales de dicha intensidad se calculó, para cada año, el desvío estandarizado o tipificado (fórmula 2).

$$Z_i = \frac{\chi_i - \bar{\chi}}{\sigma} \quad (2)$$

donde: *Z<sub>i</sub>* = Desvío estandarizado de la IMDP, *χ<sub>i</sub>* = IMDP, *χ̄* = IMDP promedio, *σ* = Desvío estándar de la IMDP.

Finalmente, se consideraron eventos extremos positivos de IMDP a los valores por encima del percentil 95 y negativos, a aquellos que se encuentran por debajo del percentil 5.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

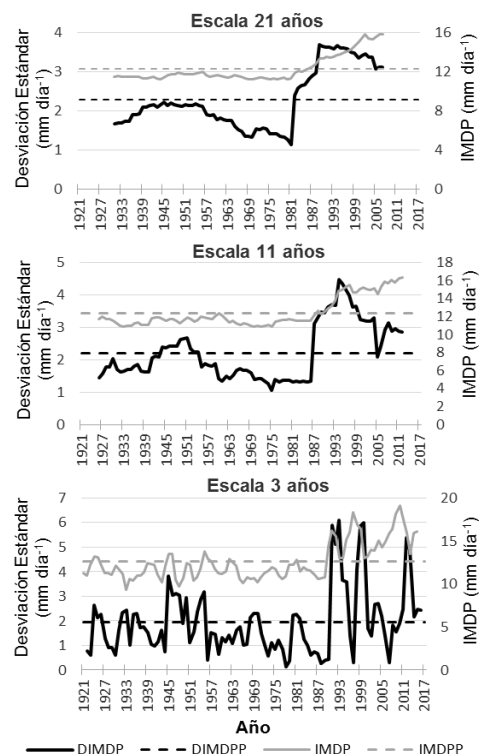
Los resultados muestran, que la intensidad media diaria de las precipitaciones anuales, desde el inicio de la serie hasta 1981 en la escala temporal de 21 años y hasta 1987 en las de 11 y 3 años, se mantuvo relativamente constante y por debajo de su media. Mientras que, su variabilidad interanual estuvo por debajo del promedio hasta finales del '80, salvo en la década 1945-1955 para las escalas de 11 y 3 años (Figura 2).

A partir de 1981, en la escala de 21 años y, a fines de la década del '80 en la escala de 11 y 3 años se observó un aumento de la intensidad, concordando con los resultados de Barros (2004) quien encontró para la misma región, que las precipitaciones intensas se han triplicado a partir de 1980. A su vez, ese incremento de la intensidad fue acompañado por el aumento en su variabilidad interanual.

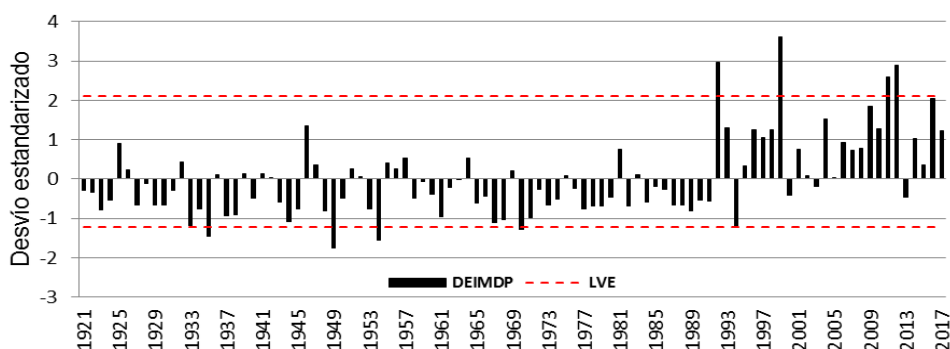
La escala de 3 años, arroja que la variabilidad de la intensidad de las precipitaciones pos década del '90 es cada vez más variable. Es decir, se alternan períodos de 3 años con baja variabilidad con períodos de alta variabilidad en la intensidad.

Los desvíos estandarizados de las intensidades medias diarias de las precipitaciones anuales (Figura 3), muestran que antes de 1991 prevalecían desvíos negativos de intensidad, con eventos extremos negativos. Luego, hubo un incremento en sus valores, alcanzado desvíos positivos, con la ocurrencia de eventos extremos positivos de mayor magnitud con respecto a los extremos negativos obtenidos en las décadas precedentes.

Finalmente, desde el punto de vista productivo, la mayor intensidad de las precipitaciones así como la pérdida de infiltración por agriculturización (Moro *et al.*, 2005), favorecerían al aumento del escurrimiento superficial del agua, ocasionando pérdida de suelo por erosión hídrica. Además, en aquellos lugares donde la topografía no permita la liberación del agua, se producirían anegamientos temporarios con efectos negativos sobre los cultivos, acompañado de pérdidas por evaporación, lo que reduciría su eficiencia de uso. Por lo tanto, se desaprovecharía, un elemento estratégico para la producción de secano en regiones semiáridas.



**Figura 2.** Evolución de la intensidad media diaria de la precipitación anual (IMDP) y su variabilidad en distintas escalas de tiempo. DIMDP = Desvío IMDP, DIMDPP = Desvío IMDP Promedio, IMDPP = IMDP Promedio.



**Figura 3.** Desvío anual estandarizado de las precipitaciones. Donde: DEIMDP = Desvío estándar de la intensidad media diaria de la precipitación anual y LVE = Límites de los valores extremos.

## CONCLUSIONES

Para todas las escalas temporales analizadas, desde 1921 hasta mediados de los '80, la intensidad media diaria de la precipitación anual se encontró por debajo de su media, con valores bajos de variabilidad interanual. A partir de finales de la década del '80, se incrementó su variabilidad. Mientras tanto, a menor escala (3 años) se concluye que las últimas tres décadas (1987-2017) se caracterizaron por cambios abruptos en la variabilidad, de mayor amplitud, mayor frecuencia de ocurrencia y con predominio de eventos extremos positivos.

## AGRADECIMIENTOS

Facultad de Agronomía de la UNLPam. y Administración Provincial del Agua de La Pampa (APA).

## REFERENCIAS

- APA (Administración Provincial del Agua), 2018. Datos Históricos de Lluvias. Disponible en: <http://www.apa.lapampa.gov.ar/lluvias/historico.html>
- Barros, V. 2004. Segundo informe al proyecto de la Agenda Ambiental de Argentina, componente Cambio Climático. Fundación Torcuato Di Tella, 25 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Summary for Policymakers. En: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Moro, E. C.; Ingaramo, O. E.; Venialgo, C. A.; Gutierrez, N. C. 2005. Infiltración en un argiustol údico con diferentes sistemas de uso en el departamento de 9 de julio – Chaco. Agrotecnia N° 14. pp 14-18.

# CAMBIO CLIMÁTICO Y EROSIÓN EÓLICA EN ARGENTINA: UNA APROXIMACIÓN EN LA MACROESCALA

Colazo, J.C.<sup>1\*</sup>; Colazo, E.R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> INTA - UNSL, Ruta nacional 7 y 8 Villa Mercedes, 5730, Argentina

<sup>2</sup> UNLC, Héroes de Malvinas y Calle Publica S/N, Villa de Merlo, 5881, Argentina

\*Contacto: colazo.juan@inta.gob.ar

**Palabras clave:** erosividad; factor C; escenario climático

## INTRODUCCIÓN

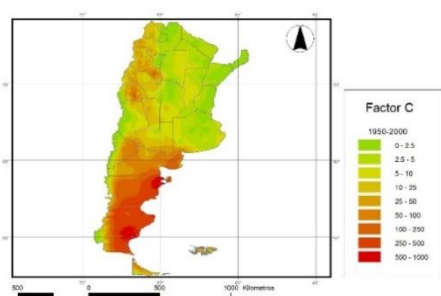
La erosión eólica es un proceso de degradación irreversible que disminuye la productividad de los suelos. Aproximadamente la mitad de los suelos de Argentina poseen riesgo a sufrir procesos de erosión por el viento (Colazo *et al.*, 2018). Una herramienta indispensable para evaluar los efectos de los cambios climáticos sobre la magnitud de los procesos erosivos es el uso de modelos predictivos. Para la región semiárida se ha ajustado el modelo EWEQ (Wind Erosion Equation, versión en español, Panebianco y Buschiazzo, 2008) que estima la erosividad por el viento utilizando el factor climático. El factor climático “C” representa las condiciones climáticas de una región y es una medida de la tendencia del clima a producir condiciones que favorezcan el proceso erosivo (Skidmore, 1986). El factor C depende de la velocidad del viento, de la cantidad y distribución de las lluvias y la temperatura como una expresión simple de la demanda atmosférica. En este sentido la combinación de los modelos climáticos predictivos elaborados por el IPCC (IPCC, 2000) con los modelos de predicción permiten estimar el efecto del cambio climático en las tasas de erosión por el viento (Busacca y Chandler, 2006). Es por ello que el objetivo del siguiente trabajo fue estimar los factores C para los años 2030 y 2050, y compararlos con el correspondiente al periodo 1950 - 2000.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para estos cálculos se utilizaron datos de velocidad media anual de viento de 129 estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), comprendiendo el periodo 1981 – 2000. Esta información fue georeferenciada y cargada en formato vectorial de puntos. Por interpolación mediante el método Inverso de la Distancia elevada a una potencia se generaron capas en formato raster. Los datos de temperatura y precipitaciones medias mensuales para el periodo de referencia (1950 – 2000) fueron obtenidos de la base de datos WORLCLIM 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005). Para estimar los cambios producidos en precipitaciones y temperatura se seleccionó el modelo UKMO-HAdCM3. Este modelo demostró ser el que mejor simula el campo de precipitaciones regional en el centro del país (Barros *et al.*, 2010). El escenario socioeconómico elegido fue el A2, el cual supone una población en continuo crecimiento, desarrollo económico orientado a las regiones y cambios tecnológicos pequeños y fragmentados (IPCC, 2000). Las proyecciones de este modelo para el año 2030 y 2050 fueron tomadas de CCAFS (2012). Tanto los datos del período de referencia, como las proyecciones fueron analizados en formato raster con una resolución espacial de aproximadamente 1 km<sup>2</sup>. El factor C se calculó según el modelo de predicción de la erosión eólica EWEQ. Para mayor detalle consultar Colazo *et al.* (2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

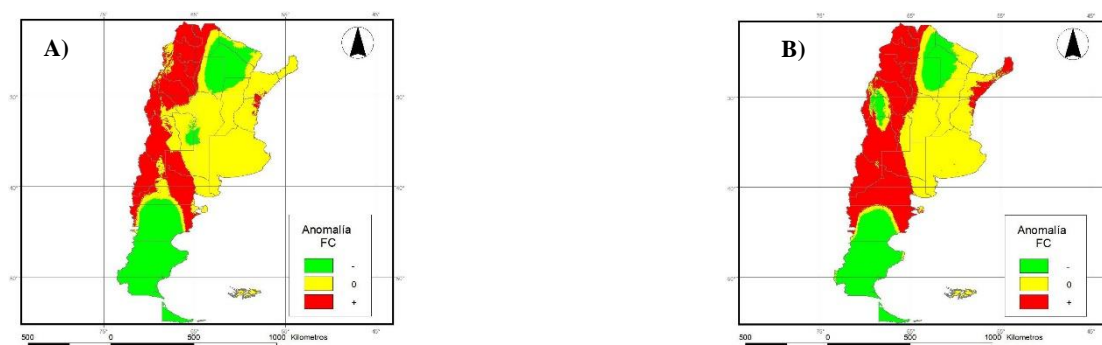
Los resultados (Figura 1) indican que el valor del factor C en la mayor parte de la Pampa Húmeda y Mesopotamia es cercano a cero. Esto se debe a la combinación de altas precipitaciones (> 750 mm anuales) y bajas intensidades de viento (<10 m s<sup>-1</sup>). La región central del país presenta valores medios (10 – 25), coincidiendo con resultados de Panebianco y Buschiazzo (2008) para el periodo 1921 – 2005 en la localidad de Santa Rosa, La Pampa. Los valores más altos del factor C se observan en la región occidental del país coincidiendo con el clima árido, en especial en la Patagonia y el NOA, siendo mayor el riesgo en las provincias de Chubut y Santa Cruz, producto de los fuertes vientos. En general, el factor C se incrementa de E a W debido a la disminución de las precipitaciones y aumenta de N a S debido al incremento de la velocidad del viento.



**Figura 1.** Factor C (climático) de la ecuación de la erosión eólica (EWEQ) utilizando lluvias y temperatura promedio entre 1950-2000.



El factor C medio para el periodo 1950 – 2000 fue 69,7. La proyección a futuro indica leves disminuciones del factor C, siendo 43,7 para 2030 y 50,6 para 2050. Los menores valores respecto al periodo de referencia se deben a las mayores precipitaciones proyectadas para la región. El aumento hacia el año 2050 se debería a un mantenimiento en las condiciones de precipitaciones, no así de la temperatura, la que mantendría su tendencia creciente. Las estimaciones para el año 2030 muestran que los sectores donde el factor climático se reduciría serían el S de la Patagonia, Chaco, E de Santiago de Estero y SE de San Luis. Por otro lado, existirían incrementos en prácticamente todo el extremo W del país, centro de Río Negro y W de La Pampa. En 2050 la tendencia se mantendría similar en el S de la Patagonia, W de Chaco y E de Santiago del Estero (Figura 2A,B). Estas tendencias coinciden con las reportadas por Colazo & Colazo (2018), quienes indicaron menores valores en algunas estaciones en el sur de la Patagonia, mientras que por el otro lado un aumento de la erosividad en ciertos sectores de Cuyo y NOA comparando los periodos 1982 – 2001 y 2001 – 2012.



**Figura 2.** Anomalías estimadas según el modelo UKMO-HAdCM3 para A) el año 2030 y B) 2050 en relación al periodo 1950-2000. Aumento (+), disminución (-) y sin cambios (0).

## CONCLUSIONES

Las predicciones del clima de mediano plazo previstas en el marco del Cambio Climático Global, no indican grandes modificaciones en la magnitud del factor C en las próximas décadas en la superficie total del País. Las tendencias indican una disminución de las condiciones de erosividad en el sur de la Patagonia, y un aumento de las mismas en ciertos sectores de Cuyo y NOA.

## REFERENCIAS

- Barros, V.R.; Nuñez, M.N.; Camilloni, I.; Solman, S. (Eds). 2010. Escenarios Climáticos de la provincia de San Luis. 58 pp.
- Busacca, A.; Chandler, D. 2006. Erosion by wind: Climate Change. Pp 592-597. In: Lal, R (Ed.). Encyclopedia of Soil Science. 2nd Edition. Taylor & Francis. 2060 pp.
- CCAFS (Climate change, agriculture and food security program). 2012. GCM Data portal. Disponible en: <http://www.ccafs-climate.org/documentation/>.
- Colazo, E.R.; Colazo, J.C. 2018. Factor climático para la predicción de la erosión eólica en Argentina. XVII Reunión Argentina de Agrometeorología (Aprobada).
- Colazo, J.C.; Panebianco, J.E.; del Valle, H.F.; Godagnone, R.; Buschiazzi, D.E. 2008. Erosión eólica potencial de suelos de Argentina. Efecto de registros climáticos de distintos periodos. En Actas del XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 2008, Potrero de los Funes. Argentina
- Colazo J.C.; Carfagno, P.; Gozdenovich, J.; Buschiazzi, D. 2018. Soil Erosion. In: Rubio G., R. Lavado & F. Pereyra (Eds.), The soils of Argentina. World Soils Book Series Springer.
- Hijmans, R.J; Cameron, S.E; Parra, J.I.; Jones, P.G; Jarvis, A. 2005. Very High resolution interpolated climate surfaces for global land areas. Int. J. Climatol. 25:1965 – 1978
- IPCC. 2000. Emission Scenarios. Special Report. 27 pp
- Panebianco, J.E.; Buschiazzi, D.E. 2008. EWEQ (Versión en español de la Wind Erosion Equation). Expediente INPI N° 700982, del 06/10/2008
- Skidmore, E.L. 1986. Wind erosion climatic erosivity. Climatic change 9:195-208.

# LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA COMO CONDICIONANTE AGROAMBIENTAL EN LA PROVINCIA DE SAN LUIS

Collado, A.D.<sup>1\*</sup>; Bernasconi, H.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) - EEA San Luis  
Rutas Nacionales 7 y 8 CC 17 (D5730CKA) - Villa Mercedes, San Luis, Argentina

\*Contacto: collado.alfredo@inta.gob.ar

**Palabras clave:** análisis; vulnerabilidad; riesgos

## INTRODUCCIÓN

La Provincia de San Luis se caracteriza por un balance hídrico negativo la mayor parte del año; las precipitaciones son de difícil predicción y presentan una alta variabilidad espacial y temporal que dificultan una planificación en términos productivos y ambientales (Collado, 2012; Collado, 2016). En este espacio geográfico, las condiciones socioeconómicas y de mercado promovieron el desplazamiento de la frontera agropecuaria mediante la incorporación de tierras y modelos de producción implementados en ocasiones sin validación previa por productores foráneos con escasa o ninguna experiencia en el manejo de estos ambientes.

En el sur provincial, durante ciclos secos, prevalecieron procesos de erosión eólica con presencia de dunas activas que indujeron a una severa reducción de productividad biológica y calidad del suelo. En la actualidad, el análisis de series históricas de precipitación ha evidenciado una tendencia creciente en las mismas, que ha provocado enormes perjuicios agroambientales en la cuenca hídrica de “El Morro” de 220.000 ha con diversas y sorprendentes manifestaciones de erosión hídrica y procesos localizados de compactación y salinización (Collado, 2017).

Todos estos factores han comprometido la sustentabilidad del desarrollo en el espacio rural y en la interfaz urbano-rural del extremo noreste de la ciudad de Villa Mercedes, afectando en ocasiones su conexión vial. El presente trabajo intenta destacar la vulnerabilidad agroecológica en sitios problemáticos de la provincia de San Luis, en un contexto productivo-ambiental condicionado entre otros aspectos por su variabilidad climática.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron localidades con disponibilidad de registros pluviométricos continuos: San Luis (1906-2017), Villa Mercedes, (1903-2017); Batavia, (1907-2017) y Villa Reynolds (1956-2017). La información para la localidad de San Luis fue proporcionada por la Dirección Provincial de Estadísticas y Censos (DPEyC) y el Centro de Información Meteorológica (CIM) del Servicio Meteorológico Nacional (SMN); para Villa Mercedes por el Área de Agrometeorología de la EEA San Luis, INTA; para Batavia por el Establecimiento “El Águila” y para Villa Reynolds por la V Brigada Aérea dependiente de la Fuerza Aérea Argentina (FAA). La información permitió analizar para cada una de las series la variabilidad interanual, la media histórica, la media móvil cada diez años, los ciclos de sequía y humedad y las tendencias (lineales).

En localidades con información sobre temperatura se calculó el Índice Termo-pluviométrico o de Lang, que considera la relación entre las precipitaciones anuales y los valores medios anuales de temperatura ( $P/T^\circ$ ). Según el autor, los índices entre 0 y 20 caracterizan a ambientes áridos; entre 20 y 40 a semiáridos; entre 40 y 60 a subhúmedos secos y por encima de 60 a subhúmedos húmedos.

Para evaluar la vulnerabilidad agroecológica de las tierras en función de su uso, manejo y aspectos climáticos, se utilizó el Sistema Soporte de Decisiones *MicroLEIS DSS - Land Evaluation Information System Decision Support System* (De la Rosa *et al.*, 2004; *MicroLEIS - Evenor Tech*) que dispone de diversos Modelos. Entre los de Producción y Ecosistemas (*Pro&Eco*), el Modelo *Cervatana* pronostica la capacidad de uso de las tierras mediante un proceso cualitativo de evaluación de factores biofísicos: relieve, suelo, clima y vegetación o uso actual. La unidad espacial de estudio es la unidad-tierra que incluye las características propias del suelo y aspectos ecológicos: topografía, clima (requiere registros continuos de al menos 30 años de antigüedad), uso actual y vegetación. No se contempla el pronóstico de la capacidad de uso potencial de las tierras al introducir mejoras como el riego, tratándose sólo de un sistema de evaluación biofísica.

Las unidades-tierra se agrupan en cuatro Clases: S1 (excelente), S2 (buena), S3 (moderada capacidad de uso agrícola) y N que se restringen a un uso ganadero o forestal. En función de los factores limitantes: pendiente (t), suelo (l), riesgos de erosión (r) y déficit bioclimático (b), se establecen Subclases; prevaleciendo en cada caso los criterios más limitantes hasta un total de tres. Se utiliza el procedimiento de la limitación máxima, mediante matrices de gradación, que relacionan las características de la tierra con las clases de capacidad de uso para proveer el resultado de la evaluación. Para su aplicación en la localidad de Batavia el Modelo funcionó a partir de datos climáticos, de manejo definidos por el productor, e información edáfica de la Carta de Suelos de la provincia de San Luis, Hoja Buena Esperanza.

Dentro de los Modelos de Ingeniería y Tecnológicos (*Eng&Tec*), el Modelo *Alcor* representa un sistema cuantitativo de evaluación del riesgo de compactación del suelo. Para su ejecución se requieren como variables de



entrada datos de uso, manejo, climáticos e información relacionada con la mecanización como carga sobre las ruedas (kN), presión del neumático (kPa) y propiedades físico-químicas del suelo.

En el caso de la cuenca hídrica de “El Morro”, se efectuó de modo complementario para visualizar las transformaciones territoriales un análisis espacio-temporal de información satelitaria para los años 1980, 1991, 2000, 2005 y 2016 a partir de imágenes *Landsat Thematic Mapper (TM)*, *CBERS* y *MODIS*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto del Índice de Lang calculado anualmente para el período 1968-2017 y condicionado por la disponibilidad de datos de temperatura, el clima para San Luis se comportó un 4 % como árido, un 64 % como semiárido, un 30 % como subhúmedo seco y un 2 % como subhúmedo húmedo. Durante el mismo período Villa Reynolds se comportó un 33 % como semiárido, un 55 % como subhúmedo seco y un 12 % como subhúmedo húmedo. Villa Mercedes se manifestó un 46 % como semiárido, un 44 % como subhúmedo seco y un 10 % como subhúmedo húmedo. Comparando los Índices de Lang de San Luis y Villa Mercedes, se establecieron diferencias atribuidas al gradiente este-oeste, caracterizado por la disminución de las precipitaciones. Así en Villa Mercedes, durante el mismo período analizado, llovió más que en San Luis en el 78 % de los registros anuales, menos en el 16 % y el 6 % restante no presentó diferencias significativas. En este contexto en la cuenca hídrica de “El Morro” las áreas con distinto grado y tipo de intervención antrópica pasaron entre 1980 y 2016 del 18 al 80 %.

Al aplicar el Modelo *Cervatana* se consideraron casos de gran variabilidad interanual de las precipitaciones. Para la localidad de Batavia se analizaron los años 2004 y 2003, con precipitaciones de 1192 mm y 174 mm respectivamente. Simulando situaciones reales, el Modelo señala que con precipitaciones abundantes, la capacidad de uso es buena (S2) y los factores limitantes están dados por las características del suelo (l) y el riesgo de erosión (r), determinando la Clase S2lr. No obstante, en años secos la capacidad de uso es marginal o nula (N) correspondiendo el factor limitante al déficit bioclimático (b) por lo que los resultados de la evaluación determinan la Clase Nb. La vulnerabilidad a la compactación según el Modelo *Alcor* indica que es de 4 en un rango que oscila entre 0 y 6 (nula a máxima vulnerabilidad) y se verificó en el sector bajo de la cuenca, mediante un georradar o *GPR (Ground Penetrating Radar)* con antena blindada de 1 GHz, entre 20 y 40 cm de profundidad.

## CONCLUSIONES

La variabilidad climática en la provincia de San Luis incide en la ocupación, uso y manejo de las tierras. Cuando las condiciones socioeconómicas y de mercado promueven el avance de la frontera agropecuaria y el advenimiento de productores arrendatarios e inversionistas foráneos, el manejo inadecuado de suelos vulnerables, la alternancia de años húmedos y secos y la falta de políticas de ordenamiento territorial-ambiental, se generan condiciones que superan los límites medioambientales y comprometen la sustentabilidad del desarrollo.

## REFERENCIAS

- Collado, A.D. 2012. Caracterización de las lluvias en áreas de secano de la provincia de San Luis en un contexto productivo y ambiental. Información Técnica N° 186 ISSN 0327-425 X, Ediciones INTA, Argentina, 38 p.
- Collado, A.D. 2016. Explorando los límites agroecológicos de la sustentabilidad en la provincia de San Luis. Producción Científico-Técnica del INTA San Luis. ISBN 978-987-521-712-6. Ediciones INTA, Argentina. p. 131-144. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/prod.\\_cientifico\\_tecnologica.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/prod._cientifico_tecnologica.pdf)
- Collado, A.D. 2017. Cambio Climático, Transformaciones y Conflictos Territoriales en la Cuenca Hídrica de “El Morro”, provincia de San Luis, Argentina. ISBN: 978-99954-1-763-5. XVI Encuentro de Geógrafos de América Latina (XVI EGAL 2017), La Paz, Bolivia. <https://admin.egal2017.bo/ponencia/1744/>
- De la Rosa, D.; Mayol Rodríguez, F.; Díaz Pereira, E.; Fernández, M.; Rosa Bonson, D., 2004. A land evaluation decision support system (MicroLEIS DSS) for agricultural soil protection with special reference to the Mediterranean region. Environmental Modelling & Software Volume 19 (10): 929-942, ELSEVIER
- MicroLEIS - Evenor Tech. <http://evenor-tech.com/microleis/microlei/microlei2.aspx>

# PERCEPCIÓN Y PROCESOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN PRODUCTORES AGROPECUARIOS DEL CHACO SALTEÑO

Cravero, S.A.C.<sup>1\*</sup>; Huaranca, L.L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Salta. Avenida Bolivia 5150, Salta, 4.400, Argentina.

\*Contacto: saccravero@gmail.com

**Palabras clave:** clima, sistemas productivos, vulnerabilidad

## INTRODUCCIÓN

El hombre, a través de sus acciones modifica el balance energético del planeta y la consecuencia es un cambio del clima a nivel global, con impactos en los ecosistemas y en las actividades en general (Aiello, 2013). Recientemente las ciencias sociales comienzan a realizar aportes para comprender las actividades humanas que provocan el cambio climático, así como diagnosticar la vulnerabilidad de distintos grupos sociales y analizar sus percepciones frente a dichas amenazas (Hogan, 2007). Desde lo social, el concepto de clima es una construcción cultural que se elabora a partir de procesos materiales y simbólicos, y que denota aspectos culturales, espaciales e históricos (Mariño, 2011). En los últimos 10 años han aumentado las investigaciones acerca del conocimiento y percepciones sobre las dinámicas climáticas, reconociendo que los saberes, creencias y prácticas de los productores agropecuarios contribuyen no sólo a llenar vacíos en la información científica, sino que permiten diseñar medidas de mitigación y adaptación al clima con aceptación social (Correa, 2011). El impacto de la variabilidad climática y del cambio climático en la sociedad rural del Chaco Salteño no es homogéneo dado que existen grupos y sectores con mayor o menor grado de vulnerabilidad (Ulloa *et al.*, 2008). En el presente trabajo se explora la percepción de las manifestaciones del cambio climático, sus causas e impactos en emprendimientos agropecuarios del Chaco salteño, en donde los productores, ante la disminución de su productividad, pérdida de cosechas y efectos en el ganado bovino, deben adaptarse.

## MATERIALES Y MÉTODOS

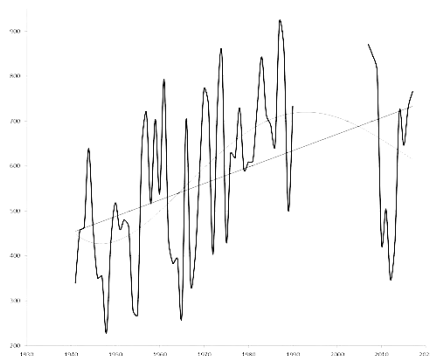
El trabajo de campo se llevó a cabo en el departamento Anta, ubicado al sudeste de la provincia de Salta, entre los 24° y 25° de latitud S y 63° y 64° de longitud O. El área de estudio comprende dos Zonas Agroeconómicas Homogéneas (ZAHs): (a) Umbral al Chaco y Chaco con riego y producción extensiva y (b) Chaco semiárido con ganadería y forestales (Pícolo *et al.*, 2008), presenta como actividad principal la ganadería (intensiva y extensiva o de monte) seguida de la agricultura a secano, producción forestal y cultivos bajo riego. Fue elegido debido a que se encuentra emplazado en una zona de alta tasa de deforestación (Gasparri y Grau, 2009), donde son frecuentes las sequías e inundaciones (Amdan *et al.*, 2013). Para generar información primaria relativa a las percepciones sociales sobre los impactos del cambio climático en la región se realizaron encuestas, con un diseño que contempló variables relacionadas con la identificación de las personas informantes (nombre, ocupación, nivel de estudios alcanzado, tiempo de residencia en la zona) y su percepción relativa acerca del cambio y variabilidad climática, causas e influencias del cambio climático en sus actividades productivas, medidas que aplican y estrategias de adaptación. Se realizaron un total de 12 encuestas, de las cuales 8 correspondieron a pequeños productores ganaderos, y 4 a grandes productores agropecuarios. Los encuestados fueron elegidos según su predisposición a dar respuestas, edad y años de permanencia en la zona (más de 20 años). A fin de corroborar la percepción de los productores con respecto a las lluvias, se analizó una base de datos de precipitaciones de Joaquín V. González (Bianchi y Yañez, 1992) y una serie de registros diarios de los últimos 10 años correspondientes a estaciones automáticas ubicadas en la finca Buena Agua, distante unos 10 km de la localidad de referencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las encuestas fueron respondidas por productores cuyo rango de edad oscila entre los 50 y 75 años. El nivel de estudios que predominó entre los encuestados fue primaria (67%). De los 12 encuestados, el 85% afirmó que el clima ha venido cambiando, especialmente en los últimos 10 años, mientras que el 15% dijo no haber percibido cambios. Respecto a las principales causas de los cambios en el clima de la región, el 35% de los encuestados afirmó que éstos vienen ocurriendo por efectos de la deforestación y un 34,5 % dijo que se han dado por la contaminación. Otras respuestas los asocian a cambios en la agricultura (15%) y la ganadería (15%). El 75% de los entrevistados percibe los cambios como negativos, siendo las principales causas de esto la disminución de la productividad, la pérdida de calidad del sistema y en menor medida aumento en la aparición de plagas y enfermedades.

El 25 % que percibe los cambios como positivos, lo hace por tener mayor disponibilidad de agua. En este sentido, el 50% de los encuestados afirmó que el tipo de cambio más percibido ha sido el aumento de la precipitación. En la figura 1, se observa que los datos climáticos de precipitación (1941-1990) de la localidad de J. V. González manifiestan una tendencia al aumento. Sin embargo, y sólo a los fines de comparación, al incluir en el gráfico los datos registrados en los últimos 10 años en la finca Buena Agua y utilizar una línea de tendencia polinómica en el análisis, éstos manifiestan un comportamiento diferente, mostrando tendencia a la baja. El

análisis de los datos de la finca, permite señalar que cuando se comparan los totales mensuales y anuales de precipitación de los últimos 10 años, éstos no registran grandes cambios con los de la etapa anterior en la zona (datos de J.V. González).



**Figura 1:** Valores de precipitación total en Joaquín V. González (1941-1990) y en una finca de la zona (2007-2017)

Cuando los que se exploran son los datos diarios, se observa que los eventos de lluvias abundantes se han incrementado. En 5 de los últimos 10 años se ha registrado al menos un evento de lluvia que supera los 80 mm diarios y, en prácticamente todos, lluvias de 50 mm o más en un día, eso puede haber influido en la percepción de los productores, ya que dichos eventos provocan dificultades en sus actividades e inundaciones.

Por otro lado, los elementos del entorno más afectados por los cambios fueron los cultivos, la ganadería y las instalaciones y en menor medida, el hogar, la flora y fauna del lugar. Esto pone en evidencia la relación cercana y directa que tiene el tema productivo en los pobladores y la falta de interés o conocimiento del contexto ambiental y la relación clima-salud. En los últimos 10 años implementaron prácticas de manejo, en agricultura el 45% de los productores ha realizado cambios en sus cultivos y el 30 % utiliza la siembra directa. En la actividad ganadera incorporaron prácticas como manejo/rotación de potreros, de pastura y sistemas de producción mixtos, tales como sistemas silvopastoriles. Es interesante observar que ante fenómenos climáticos, complejos y variables, los productores han ido implementando acciones directas para hacerles frente, las que han surgido de manera empírica, razón por la cual se consideran medidas de adaptación espontánea ante el clima cambiante.

## CONCLUSIONES

La mayoría de los encuestados percibe que el clima ha cambiado, sobre todo las precipitaciones, produciendo cambios negativos a sus actividades e impactando en su bienestar. Ante esta problemática, los productores como resultado de su propio conocimiento y experiencia sobre el manejo ambiental de los sistemas agroecológicos de la región, lograron implementar medidas de adaptación que les permitieron mitigar sus efectos. Estos resultados, aunque son relativos debido al bajo número de encuestas realizadas, evidencian las percepciones y opiniones generalizadas en torno a la variabilidad del clima y a la incertidumbre sobre el actual comportamiento de las lluvias y del clima en el Chaco salteño, lo cual de acuerdo con Correa (2011) se convierte cada vez más en un tema de conversación cotidiana, corriente entre la gente del lugar y nos estimula a seguir trabajando.

## REFERENCIAS

- Aiello, J.L. 2013. El cambio climático y la forma de abordarlo en la agricultura argentina. *Rev. de la Bolsa de Comercio de Rosario*.
- Amdan, M. L.; Aragón, R.; Jobbágy, E. G.; Volante, J. N.; Paruelo, J. M. 2013. Onset of deep drainage and salt mobilization following forest clearing and cultivation in the Chaco plains (Argentina). *Water Resources Research* 49(10), 6601-6612.
- Bianchi, A.R.; Yañez, C. E. 1992. Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino. 2da edición. INTA EEA SALTA, 383 p.
- Correa, S. 2011. El clima: conocimientos, creencias, prácticas y percepciones de cambio en el Darién, Caribe Colombiano. En: Ulloa, A. (ed). *Perspectivas culturales del clima*. Universidad Nac. de Colombia. Biblioteca abierta: Perspectivas Ambientales. 575 pp.
- Gasparri, N.I.; Grau, H.R. 2009. Deforestation and fragmentation of Chaco dry forest in NW Argentina (1972–2007). *Forest Ecology and Management* 258, 913-921.
- Hogan, D. J. 2007. Human dimensions of global environmental change. *Ambiente & Sociedad*, 10, 161-166.
- Mariño, N. 2011. Reflexiones sobre la perspectiva cultural en las políticas de cambio climático en Colombia: un acercamiento al análisis cultural y espacial de las políticas públicas. En: Ulloa, A. (ed). *Perspectivas culturales del clima*. Universidad Nacional de Colombia. Biblioteca abierta: Perspectivas Ambientales. 575 pp.
- Píccolo, A.; Georgetti, M.; Chávez, D. 2008. Zonas agroeconómicas homogéneas: Salta-Jujuy. Estudios socio-económicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. Salta: INTA.
- Ulloa, A., Escobar, E., Donato, L. y P. Escobar. 2008. Mujeres indígenas y cambio climático, perspectivas latinoamericanas. Primera edición. Universidad Nacional de Colombia-Fundación Natura de Colombia-UNODC. Bogotá. 234 pp.

# NECESIDADES DE INFORMACIÓN CLIMÁTICA PARA LA ADAPTACIÓN A LAS SEQUÍAS AGRONÓMICAS EN URUGUAY

Cruz, G.<sup>1\*</sup>; Baethgen, W.<sup>2</sup>; Taddei, R.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Sistemas Ambientales, Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Udelar), Av. E. Garzón 780, C.P. 12900, Montevideo, Uruguay. <sup>2</sup>International Research Institute for Climate and Society (IRI), Columbia University, 61 Route 9W, 9 Palisades, NY, 10964, USA. <sup>3</sup>Federal University of São Paulo (UNIFESP), Av. Alm. Saldanha da Gama 89, Santos, Brazil.

\*Contacto: gcruz@fagro.edu.uy

**Palabras clave:** CTS; red social; servicios climáticos

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo aborda aspectos relacionados con las necesidades de información climática para apoyar las decisiones de personas involucradas con la producción agropecuaria en Uruguay. De acuerdo al gran impacto que genera, el evento elegido para el estudio es la sequía agronómica, en sistemas ganaderos pastoriles de cría vacuna y ovina.

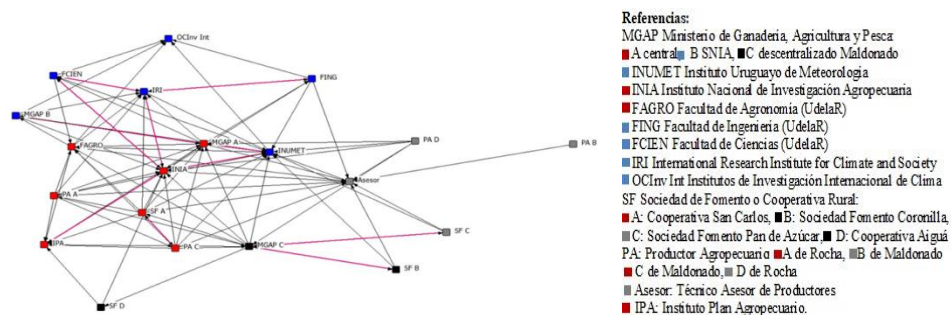
Se ha reportado que el grado de aplicación de la información climática disponible no está de acuerdo al ritmo con que ésta es producida ni a su expectativa de uso, lo cual parecería indicar que la ciencia climática debe ampliarse para poder brindar información de la que puedan apropiarse los tomadores de decisiones (Hidalgo y Natenzon, 2014). La Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2015) resaltó el papel de la comunicación entre los agentes de conocimiento climático, señalando la necesidad de mejorar las instancias comunicativas para prestar apoyo a la adaptación al cambio y la variabilidad climática. Cash y Buizer (2005) argumentan que para que la información climática resulte útil debe cumplir tres aspectos: relevancia, credibilidad y legitimidad. A la vez, Taddei (2008) expresa que la eficiencia de la comunicación depende de la atención dada al contexto en que la información es recibida, y por esto es necesaria la cooperación entre quienes elaboran la información climática y los especialistas en comunicación. Considerando todos estos antecedentes, en esta investigación se evalúan distintas percepciones sobre las sequías agronómicas y las interacciones entre los agentes e instituciones involucradas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

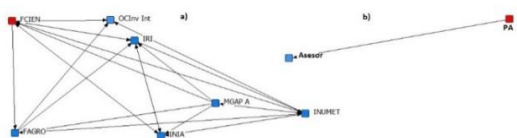
Se utilizó el análisis de redes sociales (SNA) (Borgatti *et al.*, 2002), bajo el enfoque de ciencia-tecnología-sociedad (CTS) (Latour, 2008). Se realizaron y analizaron 19 entrevistas a representantes de instituciones públicas de Uruguay (del gobierno y de la academia), y del ámbito privado (organizaciones de productores ganaderos y productores individuales). La información de productores agropecuarios y de actores de la política pública local proviene del SE de Uruguay (34,12° S a 34,91° S y 54,34° E a 55,21° E), de los Departamentos de Maldonado y Rocha. Las preguntas fueron: *¿Qué es lo primero que piensa cuando se habla de sequía?*; *¿Qué informaciones son las más importantes para usted durante una sequía?*; *¿A través de cuáles medios/canales le llega esta información?*; y *¿Cómo cree que se podría transitar mejor por una sequía?* La red social general (Cruz *et al.*, 2017) (Figura 1) y las redes parciales (Figura 2), se configuraron a partir de las respuestas a una pregunta adicional: *Cuando usted necesita tomar decisiones durante una sequía, ¿a quiénes de la siguiente lista consultaría para obtener información?* En esta pregunta se proporcionó una lista con el nombre de distintos agentes (referencias en la Figura 1), solicitando que se indicara a quienes consultaría. Las redes se representaron utilizando el software Unicet v. 6.610, que utiliza la menor distancia entre dos puntos para asignar las ubicaciones en la red.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según el análisis de las entrevistas y la representación de las redes, la sequía agronómica es percibida de manera distinta por diferentes actores. En la Figura 1 se observa un grupo ubicado en la zona superior (nodos en azul), uno ubicado en el centro-izquierda de la red (rojo), uno ubicado a la derecha (gris), y uno ubicado en la parte inferior (negro). El grupo azul se integra con instituciones que trabajan con información climática, y casi todas ellas son instituciones académicas excepto INUMET y MGAP B que pertenecen a la esfera política. El grupo rojo está conformado por instituciones académicas (Fagro e INIA), políticas (MGAP A e IPA), productores agropecuarios (PA A y PA C), y una Sociedad de Fomento Rural (SFA). Por su integración, este grupo se asocia más a lo agronómico que a lo climático. Los grupos negro y gris se conforman con actores locales. Esta ubicación de los actores en la red está asociada a distintas percepciones de la sequía, en cada una de ellas la información climática es incorporada de manera diferente según su utilidad para tomar decisiones. Por otro lado, el universo de vínculos de cada actor particular puede representarse a través de su ego-red (Borgatti *et al.*, 2002) (Figura 2). Como ejemplo, la información que circula en la ego-red de FCIEN es distinta a la que circula en la del productor agropecuario B, no tienen ningún vínculo en común, y la red de FCIEN no presenta conexiones con organizaciones rurales (Figura 2). Esto implica que debe existir una adecuada traducción de la información creada por FCIEN, cuando circula por el resto de la red social, para que pueda ser apropiada y utilizada por los productores agropecuarios (Taddei, 2008).



**Figura 1.** Red social de los agentes involucrados en las sequías agronómicas y subgrupos identificados (Cruz *et al.*, 2017). Cada nodo del mismo color pertenece al mismo subgrupo. Las líneas rosadas indican flujo bidireccional.



**Figura 2.** Ego-red de: a) Facultad de Ciencias (FCIEN); b) Productor Agropecuario B (PA B). En rojo los nodos correspondientes a cada ego.

Se encontró que la escala espacio temporal de la información climática y agrometeorológica actualmente ofrecida, es compatible con la escala de decisión política, no así para las decisiones a nivel de los predios pequeños. La idea de que estas informaciones resulten útiles a cualquier escala (sobre todo pronósticos de lluvia), genera problemas de credibilidad en el ámbito de los productores entrevistados. Desde los productores, se hicieron referencias al “antes” y el “durante” la sequía, aludiendo al comienzo del evento como “nudo del problema”. Cuando la sequía está instalada, la información climática actualmente ofrecida se vuelve irrelevante (Cash y Buizer, 2005) a los efectos del manejo de un establecimiento ganadero. En cambio, se manifestaron acciones relacionadas a la escala del predio, como el manejo de la dotación animal, divisiones (potreros), reservas de forraje y fuentes de agua. A la vez, en la etapa del “antes”, cuando los pronósticos climáticos podrían resultar de valor para algunas decisiones a nivel de establecimiento, no aparecen confiables a nivel de los productores, e incluso se cuestionan los pronósticos meteorológicos. Aunque a nivel del ministerio (MGAP) resulta necesaria la información climática y agrometeorológica de mayor escala para identificar las regiones con sequía, y así poder adjudicar beneficios a los productores familiares de los sitios afectados, aparece necesario incorporar las necesidades específicas de estos productores en la información a brindar, considerando también las distintas etapas de la sequía.

## CONCLUSIONES

La distinta ubicación y agrupación de los actores en la red social se relaciona con diferentes percepciones de la sequía, donde la información climática es incorporada de manera diferente según su utilidad para tomar decisiones. Debido a la escala espacio temporal de la información actualmente ofrecida, su utilidad está acorde con la escala de decisión política, no así para las decisiones a nivel de los predios pequeños.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo recibió apoyo del Instituto Interamericano para la Investigación en Cambio Global (IAI) CRN3106, y de la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República (Uruguay).

## REFERENCIAS

- Borgatti, S.; Everett, M.; Freeman L. 2002. The NetDraw: Graph Visualization Software. Harvard: Analytic Technologies.
- Cash, D; Buizer, J. 2005. Knowledge-action systems for seasonal to interannual climate forecasting: summary of a Workshop.
- Cruz, G.; Guevara R.; Terra R.; Picasso V.; Astigarraga M. 2017. Información y servicios climáticos para la toma de decisiones desde la perspectiva del Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y la Variabilidad Climática. *INTERdisciplina*, v 5: 13, p.101 – 122.
- Hidalgo, C.; Natenzon, C. 2014. Apropiación social de la ciencia: toma de decisiones y provisión de servicios climáticos a sectores sensibles al clima en el Sudeste de América del Sur. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*.
- Latour, B. 2008. Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor red. 1a ed. Buenos Aires: Manantial, 2008. 392 p.
- Taddei, R. 2008. A comunicação social de informações sobre tempo e clima: o ponto de vista do usuário. *SBMET*, ago-dez. 76-86.
- WMO. 2015. Global framework for Climate Services. Agriculture and food security.

# IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS QUE INFLUYEN EN LA DINÁMICA Y RESILIENCIA DEL SECTOR AGROPECUARIO A TRAVÉS DEL TIEMPO

Llames, A.A.<sup>1\*</sup>; Vinocur, M.G.<sup>1</sup> y Wehbe, M.B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Agrometeorología. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Río Cuarto, CP 5800, Argentina.

\*Contacto: allames@ayv.unrc.edu.ar

**Palabras claves:** sistema socio-ecológico; línea de tiempo, ciclo de adaptación

## INTRODUCCION

La unidad de producción agropecuaria es considerada un Sistema Socio-Ecológico (SSE) cuya estructura y funciones son afectadas a lo largo del tiempo como resultado de dinámicas internas e influencias externas en una sucesión de fases: *crecimiento* ( $r$ ), *mantenimiento* ( $k$ ), *crisis* ( $\Omega$ ) (evento o acción que desestabiliza la producción) y *reorganización* ( $\alpha$ ), las cuales definen el ciclo adaptativo. Los eventos que producen disturbios en el sistema se pueden identificar en escala temporal a través de una línea histórica de tiempo [Resilience Alliance (RA), 2010]. El objetivo de este trabajo es identificar eventos (biológicos, meteorológicos, económicos, etc.) que interactúan afectando a las explotaciones agropecuarias en el periodo 1971-2003, definir su posicionamiento en términos del ciclo adaptativo y establecer su resiliencia frente a aquellos disturbios.

## MATERIALES Y METODOS

Se realizó un análisis del período 1971-2003, mediante la construcción de una línea de tiempo (Fig. 1), requiriendo la sistematización y el análisis de información secundaria de la ciudad de Río Cuarto (33° 06' S, 64° 18' W; Provincia de Córdoba), proveniente del Diario Puntal, archivos históricos, bibliotecas y museos de la localidad (Lucero, 2005). Se registraron los eventos climáticos, económicos y políticos que afectaron al sector agropecuario. Aplicando el modelo conceptual del ciclo adaptativo (RA, 2010) al sistema en estudio, se determinaron sus fases y se describió como el sistema fue establecido, desarrollado y estabilizado luego de sufrir cambios rápidos para luego reorganizarse y comenzar la secuencia nuevamente, determinando su resiliencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los eventos climáticos que predominaron en casi todo el período fueron las tormentas de lluvias, granizo y viento, ocasionando daños por inundaciones y degradación de los campos, pérdidas en cultivos de soja (años 1986, 1991, 1997, 1998, 1999, 2000), afectando la economía de los productores agropecuarios, de la zona y de la provincia. Una estrategia adoptada por el gobierno fue la entrega de subsidios y declaración de la emergencia agropecuaria (años 2000 y 2003; Ley de Emergencia Agropecuaria N° 7121, Pcia. Córdoba). Se registró una cosecha récord de trigo, maíz y soja en el año 1995 y períodos de sequía intensa en los años 1975-1976, 1988-1989 y 2003, viéndose favorecidos los productores por un crecimiento de los precios internacionales de los granos en el primer periodo y, especialmente los de las oleaginosas en el último, beneficiando así la reorganización de los sistemas de producción.

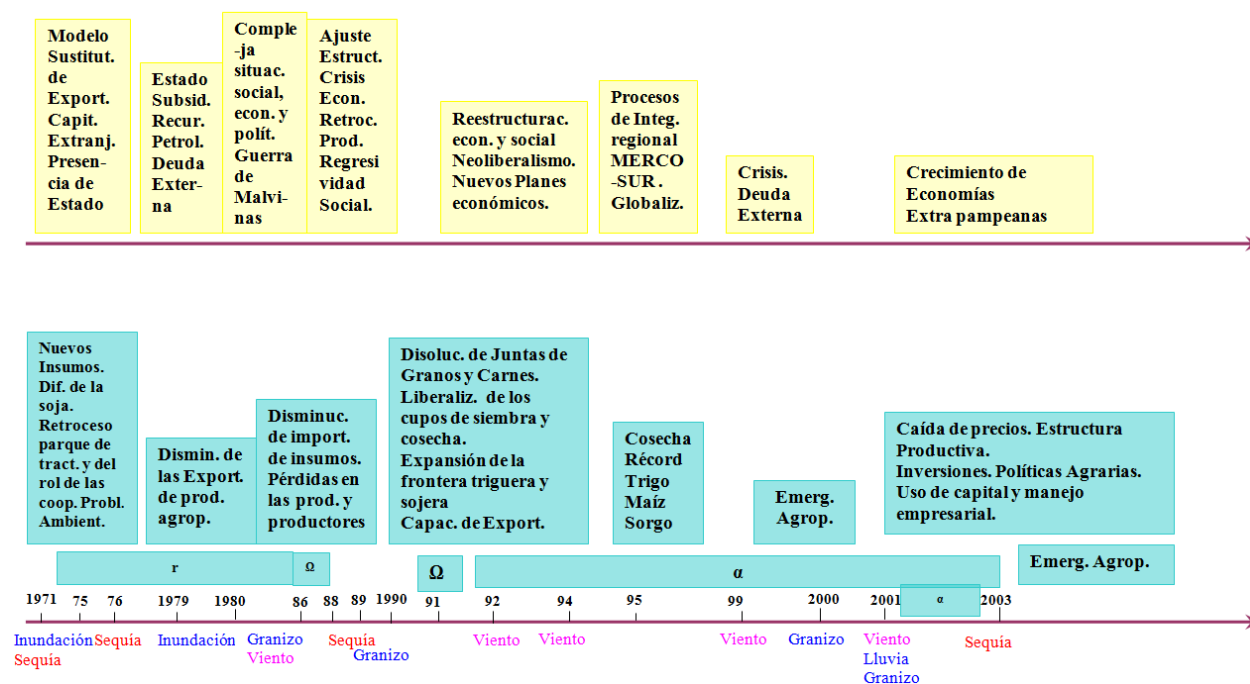
Por otra parte, a nivel político y económico se puede dividir el análisis en dos etapas: 1971-1991 y 1992-2003.

Etapla 1971-1991: La década de 1970 comenzó con grandes cambios en el sector agropecuario, apareciendo explotaciones mixtas (agrícola-ganaderas) como herramienta para minimizar los riesgos climáticos y de mercado ( $r$ ). La caída del mercado de carne bovina para exportación y la incorporación de nuevas tecnologías (agroquímicos y semillas híbridas) favorecieron un proceso de "agriculturización" que redujo sensiblemente la existencia de explotaciones mixtas, perdiendo así diversidad productiva, una de las bases de la resiliencia de estos sistemas (Sábato, 1981). Esta expansión fue luego afectada por la crisis ( $\Omega$ ) del mercado internacional de granos desde mediados de 1980 (SAGyP, 1987). En el año 1982, la Guerra de Malvinas incidió negativamente en el comercio exterior de bienes agrícolas, el cual no mejoró al asumir el gobierno democrático de Raúl Ricardo Alfonsín (1983) (Rofman y Romero, 2014). Para ampliar la plataforma del mercado nacional e insertarse en el mercado internacional, Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay se embarcan en la constitución del Mercado Común del Sur (Mercosur, 2017).

Etapla 1991-2003: Los cambios en la política económica en el año 1991 implicaron un proceso de reconversión productiva ( $\alpha$ ) que incluyó la dolarización de la economía, privatizaciones de servicios y la disolución de entes reguladores del sector agropecuario (Juntas de granos y carnes), entre otros. La exigente competitividad internacional y la suba del costo de los servicios a la producción activaron el proceso de modernización productiva, llevado a cabo por nuevos grupos económicos nacionales y/o extranjeros con recursos financieros, manifestándose bajo diferentes modelos de producción, perfil tecnológico, reestructuración de la propiedad y de la fuerza de trabajo (Rofman, 1997). Se expandió la frontera agrícola y comenzó un nuevo período de incorporación de tecnologías, entre ellas, el "paquete de la soja transgénica" (Viglizzo y Jobbágy, 2006). Todo ello afectó la renta-

bilidad del campo dando lugar a fuertes economías de escala que perjudicaron a una gran cantidad de pequeños y medianos agricultores (CAN, 2002). En este período y luego del cambio de política, ocurre una de las mayores crisis ( $\Omega$ ) que afectó al sector agropecuario desde una perspectiva de la estructura social. El resultado de esta crisis impactó, principalmente, sobre pequeños y medianos productores quienes no pudiendo recuperarse ni adaptarse a la nueva situación, debieron abandonar la producción agropecuaria y, en muchos casos, perdieron sus tierras, aún cuando los primeros años de la década de 1990 resultaron favorables desde el punto de vista climático. Finalmente, los impactos de la sequía de 2003 se vieron aminorados por la crisis política y la fuerte devaluación que tuvo lugar en febrero de 2002 ( $\alpha$ ).

Hubo dos disparadores de la fase  $\Omega$  en el sistema productivo, uno a nivel de ocurrencia de los eventos climáticos y otro a nivel político-económico. Algunos productores fueron ayudados con subsidios, medidas crediticias o políticas de producción gestionadas por las entidades ruralistas y otorgados por el gobierno nacional; otros incorporaron tecnología para adaptarse y recuperarse de los disturbios que afectaron al SSE, demostrando ser resilientes, mientras que los productores que quedaron fuera de este plan de contención no lo fueron.



**Figura 1.** Línea de tiempo para el período 1971-2003 para Río Cuarto. En amarillo se destacan los acontecimientos a nivel nacional y mundial; en celeste los que afectan específicamente a los productores agropecuarios a nivel local y en la parte inferior de la figura se presentan los eventos climáticos.

## CONCLUSIONES

Los períodos 1971-1991 y 1992-2003 fueron difíciles a nivel productivo y social, debido a las crisis y cambios como consecuencia de los eventos climáticos, políticos y económicos. Los SSE agrícolas fueron afectados por la variabilidad climática, el mal uso de los recursos y espacio geográfico, sumado a las políticas económicas vigentes, tanto nacionales como del extranjero. Estos productores no fueron resilientes a los cambios que enfrentaron.

## REFERENCIAS

- CAN, 2002. Censo Agropecuario Nacional. INDEC, Argentina.
- Lucero, D. 2005. Informe preliminar de Tesis para optar al grado de Lic. En Geografía. UNRC. 89 pp
- Mercosur. 2017. Publicado en internet, disponible en: [http://www.mercosur.int/innovaportal/v/3862/2/innova.front/en-pocas-palabras.http://www.mercosur.int/innovaportal/file/719/1/CMC\\_1991\\_TRATADO\\_ES\\_Asuncion.pdf](http://www.mercosur.int/innovaportal/v/3862/2/innova.front/en-pocas-palabras.http://www.mercosur.int/innovaportal/file/719/1/CMC_1991_TRATADO_ES_Asuncion.pdf) Activo Septiembre 2017.
- Resilience Alliance. 2010. Assessing Resilience in Social-Ecological Systems: Workbook for Practitioners. Versión 2.0. Publicado en internet, disponible en <http://www.resalliance.org/3871.php>. Activo Marzo 2012.-
- Rofman A. 1997. Economías Regionales extrapampeanas y exclusión social en el marco del ajuste. ISSN 0250-7161. EURE, vol. XXIII, núm. 70. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=19607002>. Activo Septiembre 2017.
- Rofman A.; Romero L. 2014. Sistema Socio Económico y Estructural Regional de la Argentina: Sociedad y Estado (Cátedra: Kogan - García - 2014). Cap. 3. Amorrortu editores CBC, UBA. Buenos Aires. Argentina.
- Sábato, F. La pampa pródiga: Claves para una frustración, Editorial CISEA, Bs.As. 1981
- SAGyP. 1987. Los países productores de cereales ante la crisis agrícola internacional. IICA. Oficina Argentina
- Viglizzo E. F; Jobbágy, E. 2006. Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico Ambiental. Ediciones: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). ISBN/ISSN 978-987-1623-83-9. (<http://inta.gob.ar/documentos/expansion-de-la-frontera-agropecuaria-en-argentina-y-su-impacto-ecologico-ambiental/>). Activo Febrero 2014.

# SENSIBILIDAD DE LOS FLUJOS DE AGUA EN EL SUELO EN LOS MODELOS CLIMÁTICOS GLOBALES

Penalba, O.C.<sup>1,2\*</sup>; Pántano, V.C.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, Universidad de Buenos Aires, Bs. As., Argentina

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Bs. As., Argentina

\*Contacto: penalba@at.fcen.uba.ar

**Palabras clave:** balance hídrico; interacción suelo-atmósfera; CMIP5

## INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática en la interacción suelo-atmósfera y las proyecciones de los cambios en un escenario futuro pueden ser analizados a partir de los Modelos Climáticos Globales (MCGs). Estos modelos permiten, entre otros análisis, identificar la variabilidad en la respuesta de los flujos de agua que participan en la interacción suelo-atmósfera, para luego evaluar el impacto de los mismos debido al calentamiento global.

En Sudamérica, hay pocos trabajos que abordan esta problemática (interacción suelo y atmósfera) utilizando los MCGs. Este análisis, en la región, se ha llevado a cabo a partir de Modelos Climáticos Regionales (Sörensen y Menendez; 2011; Pessacg y Solman, 2012; Ruscica *et al.*, 2014; entre otros).

El análisis del balance entre la precipitación y la evapotranspiración (PP-ET) mensuales de los modelos globales fue analizado por Pántano *et al.*, (2015) en un trabajo previo a partir de MCGs del CMIP5 (Taylor *et al.*, 2012). Estos resultados ponen de manifiesto que la región de secano de la Argentina (RS) es una zona de transición entre condiciones secas (ET prevalece sobre PP) y húmedas (PP prevalece sobre ET), con alta variabilidad espacial entre los modelos.

A partir de lo expuesto surge la necesidad de identificar en la región de secano (RS) los flujos de agua en el suelo que mejor responden al balance entre la precipitación y la evapotranspiración, objetivo de este trabajo. A partir de este análisis, el impacto de los cambios futuros de precipitación sobre los flujos de agua en el suelo se podrá estudiar separadamente para cada modelo para aquellas variables identificadas como más sensibles en la interacción suelo-atmósfera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio, se utilizaron 7 MCGs derivados de la nueva generación de simulaciones del CMIP5: ACCESS 1.0, CanESM2, CESM1-CAM5, EC-EARTH, IPSL-CM5A-MR, MIROC5, MPI-ESM-MR, en el período 1970-2005 -referencia en el experimento historical-, en la caja 28°S-38°S; 58°O-64°O, contenida en la región RS. La selección de los mismos se basó en su independencia institucional (Knutti *et al.*, 2013).

Cada uno de los MCGs contiene un sub-modelo suelo que incluye determinados flujos de agua en su balance hídrico. Para poder analizar la relación entre esos flujos, se considera la siguiente ecuación general de balance de humedad de suelo mensual basada en el principio de conservación de masa:

$$\frac{\partial(HS)}{\partial t} = PP - ET \pm E + \text{otros flujos} \quad (1)$$

donde HS es la humedad del suelo; PP la precipitación; ET la evapotranspiración y E el escurrimiento. La mayoría de los modelos discriminan las variables HS y E en valores totales y superficiales. Considerando las características de la región de interés, no se incluyen en el análisis los ingresos de agua al suelo por riego y por derretimiento de nieve. A su vez, debido a su enfoque agro-climático, no se tienen en cuenta los flujos de caudales y los flujos de menor escala como, por ejemplo, la intercepción de precipitación por parte de la canopia.

Los experimentos del CMIP5 consideran a la HS superficial en los primeros 10 cm del suelo, sin embargo su cálculo depende del modelo, al igual que la estimación del escurrimiento. Es por ello que para el análisis de estos flujos se evalúa la sensibilidad de las distintas variables para cada modelo a partir de probabilidades condicionales y el análisis estadístico de tablas de contingencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, se analizan los valores medios de los totales anuales de cada uno de los flujos que intervienen en la ecuación (1), promediados en la región RS (Tabla 1). Consistente con la escala de trabajo, las variaciones de HS son muy pequeñas mientras que la ET representa el flujo saliente más importante del subsistema suelo. El modelo ACCESS1.0 presenta valores de E superficial mayores que los demás modelos y se debe a que en su sub-modelo MOSES 2.2 los excesos de agua en el suelo son removidos lateralmente contribuyendo a valores más altos de E superficial (Kowalczyk *et al.*, 2013). El valor medio de PP del modelo CESM1-CAM5 es cercano al del modelo ACCESS 1.0, pero debido a que el primero genera valores más altos de ET, el E, total y superficial, es menor. El modelo CanESM2 es el que presenta la mayor fracción de salida por E total.

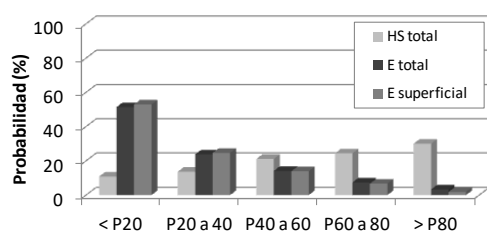
Luego, se analiza la coherencia entre PP-ET y las demás variables a partir de rangos de percentiles, separando en condiciones normales (P40 a P60), valores altos (P60 a P80), bajos (P20 a P40) y extremos (<P20 y >P80). La probabilidad de que la variable se encuentre en cada categoría, condicionada a los distintos valores de PP-ET se



muestra en la Figura 1 para el modelo MPI-ESM-MR, condicionado a valores extremos bajos de PP-ET. En este caso, el E superficial responde al balance PP-ET con una probabilidad del 53% de presentar valores extremos bajos. El E total también responde a PP-ET mientras que no se evidencia la respuesta en la HS total.

**Tabla 1.** Valores medios anuales de precipitación (PP), evapotranspiración (ET), variación de humedad de suelo (VHS) total y superficial, escurrimiento (E) total y superficial; promediados sobre la región RS.

	ACCESS1.0	CanESM2	CESM1-CAM5	EC-EARTH	IPSL-CM5A-MR	MIROC5	MPI-ESM-MR
<b>PP</b>	884,2	907,5	879,4	819,5	478,2	560,0	665,3
<b>ET</b>	782,9	761,4	857,2	796,2	458,1	556,4	643,0
<b>VHS total</b>	0,1	-0,2	0,1		0,0	0,2	0,6
<b>VHS superficial</b>	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
<b>E total</b>		145,0	24,6		34,2	24,0	20,0
<b>E superficial</b>	123,1	11,5	24,7	39,4	1,7	21,8	12,0



Chi2	SMtotal	SMsup	Rtotal	Rsup
ACCESS1.0	18	105		391
CanESM2	36	169	43	
CESM1(CAM5)	1	98	515	538
EC-EARTH				2
IPSL-CM5A-MR	25	170		
MIROC5	24	107		
MPI-ESM-MR	27		325	353

**Figura 1.** Panel izquierdo: probabilidad de ocurrencia de humedad del suelo (HS) total, escurrimiento (E) total y superficial dados valores extremos bajos de PP-ET, para el modelo MPI-ESM-MR Panel derecho: valor del estadístico Chi2 empírico de la relación entre cada variable (HS total, HS sup, E total, E sup) y PP-ET de cada modelo. Se indican las variables que muestran independencia con PP-ET (rojo) y las que presentan dependencia significativa (azul) (valor del estadístico Chi2 teórico: 28.9; significancia: 5%).

La probabilidad de cada variable, condicionada a los valores de PP-ET, se llevó a cabo a partir de tablas de contingencia. El resultado final del estadístico Chi2 se presenta en la Figura 1, nivel de significancia del 5%. El análisis revela que las variables más sensibles para cada modelo son: ACCESS 1.0: HS superficial y E superficial; CanESM2: HS total y superficial y E total; CESM1-CAM5: HS superficial y E total y superficial; EC-EARTH: ninguno; IPSL-CM5A-MR: HS superficial; MIROC5: HS superficial; MPI-ESM-MR: E total y superficial.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se estudiaron los principales flujos de agua involucrados en la interacción entre el suelo y la atmósfera, de acuerdo con las salidas de los modelos seleccionados del CMIP5. En el análisis de los flujos medios anuales se destaca el rol de la precipitación y la evapotranspiración mientras que las variaciones de humedad del suelo se compensan, siendo cercanas a cero. Por su parte, la importancia del escurrimiento en la comparación con otros flujos depende de cada modelo. La relación entre precipitación menos evapotranspiración y los demás flujos se evaluó por intervalos de percentiles y el análisis evidenció que la respuesta de las distintas variables depende de las ecuaciones de cada modelo. Este estudio permitió identificar las variables más sensibles de los 7 MCGs seleccionados, lo que permitirá analizar en trabajos futuros el impacto de los cambios en la precipitación debidos al calentamiento global.

## REFERENCIAS

- Knutti, R.; Masson, D.; Gettelman A. 2013. Climate model genealogy: Generation CMIP5 and how we got there. *Geophysical Research Letters*, 40: 1194-1199.
- Kowalczyk, E.; Stevens, L.; Law, R.; Dix, M.; Wang, Y.; Harman, I.; Haynes, K.; Srbinovsky, J.; Pak, B.; Ziehn, T. 2013. The land surface model component of ACCESS: description and impact on the simulated surface climatology. *Australian Met. and Oceanographic Journal* 63: 65-82.
- Pántano, V.; Penalba, O. 2015. Cuál es la respuesta de la humedad del suelo a los extremos climáticos en los modelos globales del CMIP5 en Sudamérica y su impacto regional. XII Congreso Argentino de Meteorología, 2015, Mar del Plata, Argentina.
- Pessacg, N.; Solman, S. 2012. Effects of land-use changes on climate in southern South America. *Clim. Research* 55: 33-51.
- Ruscica, R.; Sörensson, A.; Menéndez, C. 2014. Hydrological links in Southeastern South America: soil moisture memory and coupling within a hot spot. *Int. J. of Climatology* 34(14): 3641-3653.
- Sörensson, A.; Menendez, C. 2011. Summer soil-precipitation coupling in South America. *Tellus* 63A: 56-68
- Taylor, K.; Stouffer, R.; Meehl, G. 2012. An Overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 93: 485-498.

# CÓMO REPRESENTAN LOS MODELOS CLIMÁTICOS GLOBALES LAS SECUENCIAS EXTREMAS SECAS Y HÚMEDAS EN LA REGIÓN PRODUCTIVA ARGENTINA

Iacovone, M.F.<sup>1</sup>; Penalba, O.C.<sup>1,2\*</sup>; Pántano, V.C.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 2do. Piso, Pabellón II, Ciudad Universitaria C1428 EHA, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Rivadavia 1917, C1033AAJ, Buenos Aires, Argentina.

\*Contacto: penalba@at.fcen.uba.ar

**Palabras clave:** secuencias extremas; precipitación; Pampa Húmeda

## INTRODUCCIÓN

En la Pampa Húmeda, región de producción agrícola por excelencia de Argentina, la variabilidad climática presente en la precipitación –mensual y diaria– también se observa en la ocurrencia de precipitaciones extremas (déficits y excesos) (IAI; 2004). Estos eventos extremos impactan en mayor o menor medida en el desarrollo de los cultivos, dependiendo de la etapa fenológica. Si bien los cambios ocurridos en los totales mensuales de precipitación han favorecido la extensión de la actividad agrícola hacia el oeste, el aumento de determinados eventos extremos hace más vulnerable determinadas regiones. Pascale Medina *et al.*, (2014) destacan la importancia de la planificación del uso del suelo y el ordenamiento del territorio, resaltando la necesidad de fortalecer la información climática a los tomadores de decisiones.

Existen distintos criterios para definir los extremos climáticos, dependiendo del estudio a realizar. En este trabajo se analizan dos índices –días consecutivos secos y húmedos– (CDD y CWD, respectivamente, por sus siglas en inglés). Los mismos han sido validados a escala global, entre otros por Sillmann *et al.* (2013) para los modelos climáticos globales que participan de la fase 5 del Proyecto de Inter-comparación de Modelos Acoplados CMIP5 (Taylor *et al.*, 2012). En Argentina, aún hay pocos trabajos que evalúen su desempeño a escala regional (SADSN, 2014).

A partir de lo expuesto, en este trabajo se analiza la habilidad de los modelos climáticos globales CMIP5 en representar los índices CDD y CWD en el trimestre octubre-diciembre, para la Pampa Húmeda.

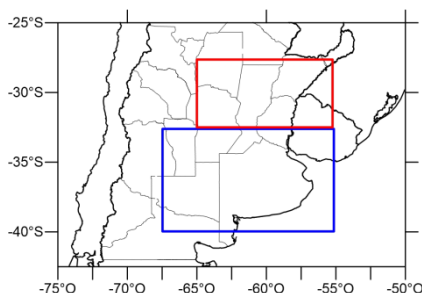
## MATERIALES Y MÉTODOS

Existen momentos críticos de los cultivos en los cuales la falta o exceso de agua perjudica su desarrollo. Para llevar a cabo este estudio se seleccionó el trimestre octubre-diciembre, correspondiente a la época de siembra de soja de primera, de segunda y a la segunda fecha de siembra de maíz.

Los índices CDD y CWD representan el número máximo de días consecutivos secos y húmedos en el trimestre, respectivamente. Día seco (húmedo) es aquel en el cual la precipitación diaria acumulada es inferior (superior) a 1mm. Debido a la variabilidad espacial y temporal que presenta la precipitación en la región de estudio, el análisis se llevó a cabo en dos regiones (Figura 1).

Para este estudio se utilizaron distintas bases de datos diarios de precipitación en el período 1979-2005 en:

- observaciones grillas, *CPC Global Unified Precipitation data* - NOAA/OAR/ESRL PSD.
- simulaciones del experimento “*historical*” provenientes de once modelos del Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5): ACCESS1-3, CCSM4, CNRM-CM5, CSIRO-Mk3-6-0, EC-EARTH, HadGEM2-ES, INMCM4, IPSL-CM5A-MR, MIROC5, MPI-ESM-MR y MRI-CGCM3 (Taylor *et al.*, 2012).

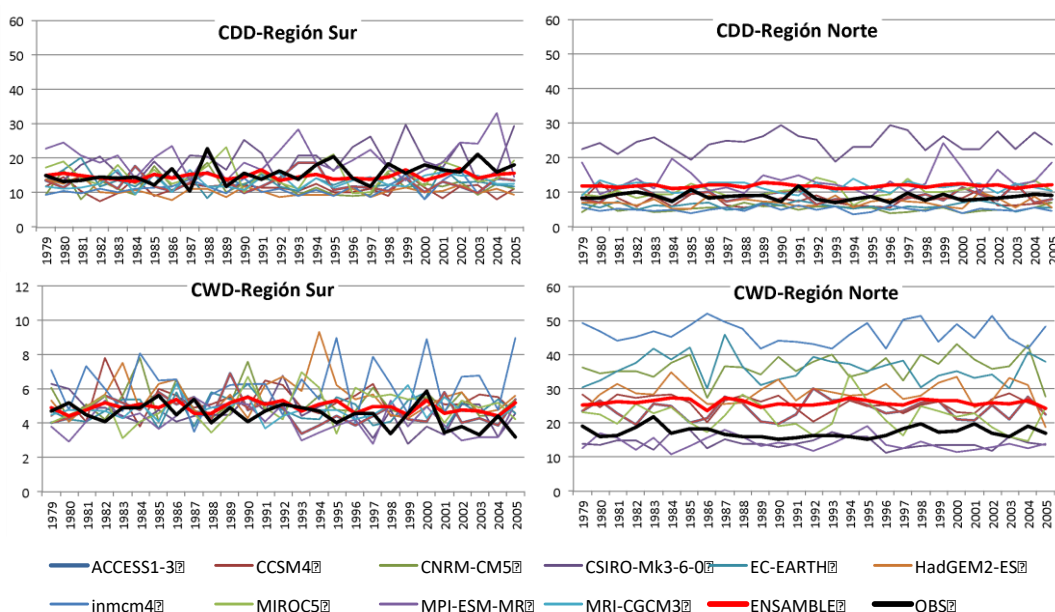


**Figura 1:** Regiones de estudio: norte (rojo), sur (azul).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el panel superior de la Figura 2 se muestran las series temporales del máximo número de días consecutivos secos (CDD) promediados en la región sur (izquierda) y norte (derecha), para cada uno de los modelos, el ensamble y el valor medio observacional. Si bien, en la región sur se observa una variabilidad entre los modelos, el

ensamble presenta un comportamiento similar en terminos medios al compararlo con el valor medio observacional (aproximadamente 15 días consecutivos secos). En la región norte hay un modelo (CSIRO-MK3-6-0) que sobreestima el índice CDD –en promedio 24 CDD a lo largo del periodo–, significativo al 95% a través del test de T de Student, dando como resultado valores mayores en el promedio regional del ensamble –ensamble 12 CDD y observaciones 9 CDD–.



**Figura 2:** Serie temporal de los índices CDD (panel superior) y CWD (panel inferior), para la región sur (panel izquierdo) y región norte (panel derecho). Serie 1979-2005. La escala en el eje vertical de CWD-Región Sur es diferente al resto de las series.

Con respecto al índice CWD (Figura 2, panel inferior) si bien se observa una variabilidad entre modelos en la región sur, el ensamble de los modelos tiende a representar lo observado. En la región norte, se observa una gran dispersión entre los modelos, además de la mayor variabilidad temporal, generando que el ensamble (CWD=26) sobreestime lo observado (CWD=17). Al eliminar tres modelos el error se redujo en el ensamble (no se muestra).

## CONCLUSIONES

En este estudio se validaron distintos modelos climáticos globales del CMIP5 en su representación de condiciones extremas, resultado que dependerá de la región. Si bien los modelos presentan distintas variabilidades, en la región sur el ensamble regional representa adecuadamente las características medias de ambos índices en el trimestre octubre-diciembre. En la región norte, los modelos presentan una mayor dispersión no tan solo en su variabilidad sino también en sus valores medios.

La determinación de la habilidad de los modelos en representar estos índices nos dará las herramientas necesarias para poder llevar a cabo estudios asociados con las proyecciones de cambio climático. Esto permitirá analizar los cambios proyectados para la adopción de medidas que busquen minimizar el impacto de los extremos climáticos en las actividades productivas desarrolladas en la región de estudio.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado con apoyo del proyecto de investigación CONICET Grant PIP 0137.

## REFERENCIAS

- IAI. 2004. ENSO-Argentina. Informe Final IAI. Centro de Estudios Sociales y Ambientales.
- Pascale Medina C.; Zubillaga M.M.; Taboada M.A. 2014. Suelos, producción agropecuaria y cambio climático. Avances en la Argentina. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. ISBN 978-987-1873-25-8.
- Sillmann, J.; Kharin, V.; Zwiers, F.; Zhang, X.; Bronaugh, D. 2013: Climate extremes indices in the CMIP5 multi-model ensemble. Part 1: Model evaluation in the present climate. J. Geophys. Res., doi:10.1002/jgrd.50203.
- Taylor, K.; Stouffer R.; Meehl G. 2012. An Overview of CMIP5 and the experiment design. Bull. Amer. Meteor. Soc., 93.
- SADSN, 2014: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, 2014. Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. "Cambio Climático en Argentina; Tendencias y Proyecciones" (Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera). Buenos Aires, Argentina. <http://www.ambiente.gov.ar/>.

# VARIABILIDAD DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL EN LA SUB REGIÓN PAMPA CENTRAL, ARGENTINA

Pérez, S.P.<sup>1\*</sup>; Cassani, M.T.<sup>1</sup>; Massobrio, M.J.<sup>1</sup>

Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Avda. San Martín 4453, C1417DSE, Argentina

\*Contacto: perez@agro.uba.ar

**Palabras clave:** agroclimatología; cambios abruptos; segmentación de series hidrometeorológicas

## INTRODUCCIÓN

La Región Pampeana es la principal área agrícola de la Argentina. Está ubicada en el sector centro-este del país y pueden distinguirse las Sub Regiones: Pampa Austral, Pampa Central, Pampa Deprimida, Pampa Mesopotámica y Pampa Ondulada. Se trata de un área de clima templado, Cf según la clasificación de Köppen.

Diversos estudios indican que el avance hacia el oeste de la frontera de la agricultura, observado en la Región Pampeana durante el último cuarto del siglo XX fue favorecido por un incremento en el régimen de lluvias, que actuó en forma sinérgica con el incremento en la demanda de los mercados internacionales (Trigo, 2005) y las innovaciones tecnológicas (Satorre, 2005).

Algunos autores (Roberto *et al.*, 1994; Pérez *et al.*, 2011; Pérez y Sierra, 2012) señalan que la Región Pampeana observaría un ciclo hídrico de larga duración con fases húmedas y secas, separadas por fases de transición, durante las cuales la frontera de la agricultura avanza o retrocede.

A fin de evaluar la variabilidad de la precipitación anual en la Sub Región Pampa Central, capaz de afectar a la actividad productiva agraria, se estudió su comportamiento durante el período 1921-2015, para el que se dispone de registros instrumentales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de precipitación anual durante el período 1921-2015 de 20 localidades de la Sub Región Pampa Central (Tabla 1). Los datos fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional y la Dirección de Estimaciones Agrícolas y Delegaciones de la Subsecretaría de Agricultura del Ministerio de Agroindustria.

La comprobación de la homogeneidad de las series de precipitación se realizó por medio de la prueba Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) de Alexandersson y Moberg, (1997).

Con las series de precipitación homogéneas según la prueba SNHT, se determinó el carácter húmedo o seco de cada año, a través de la anomalía centrada reducida y se detectaron los cambios en los valores de la media utilizando la Segmentación de Series Hidrometeorológicas de Hubert (Hubert *et al.*, 1989).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la Prueba de Homogeneidad, trece de las series de precipitación anual disponibles presentaron un valor de T menor que el valor crítico (Khaliq y Quarda, 2007), pudiendo considerarse homogéneas al nivel de significación  $\alpha = 0,05$  (Tabla 2). Las otras siete series presentaron un valor de T mayor que el valor crítico, por tanto fueron consideradas inhomogéneas, siendo eliminadas del análisis.

A través de la anomalía centrada reducida se observó que, en el período evaluado (1921-2015) la Sub Región Pampa Central presentó bajas precipitaciones en la primera mitad del S XX, un incremento del 26% a partir de los años 70 y en el decenio 2000 se destacaron las anomalías negativas de los años 2005, 2009 y 2013 (Figura 1).

El resultado correspondiente al promedio de las series de precipitación anual de la Sub Región Pampa Central, por el método de Segmentación de Hubert (Hubert, et al., 1989) permitió comprobar, cambios abruptos positivos durante la segunda mitad del siglo XX, pero a comienzos del siglo XXI experimentó cambios abruptos de signo negativo, que la retrotrajo a un estado similar al inicial (Tabla 3).

## CONCLUSIONES

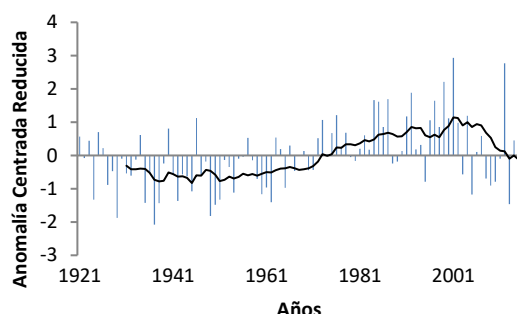
La Sub Región Pampa Central presentó dos cambios abruptos positivos sucesivos y a partir de 2003 un cambio abrupto negativo retrajo el promedio anual de precipitación a un valor similar al del período inicial (1921-1961). Dado que la Sub Región Pampa Central se caracteriza con menor promedio pluviométrico, respecto a las otras subregiones pampeanas, los cambios señalados la afectan muy significativamente, lo cual influye notablemente su capacidad productiva.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado en el marco del Proyecto UBACyT 2014-17. Resol. C.S. 921/2014

**Tabla 1.** Ubicación de las localidades en la Sub Región Pampa Central

Localidad	Latitud (S)	Longitud (O)	Altura (msnm)
Gral Deheza	32° 45′	63° 47′	259
Río Cuarto	33° 07′	64° 20′	452
Laboulaye	34° 07′	63° 00′	131
Villa Huidobro	34° 50′	64° 35′	202
Realicó	35° 01′	64° 15′	146
Larroudé	35° 01′	63° 34′	120
Gral Villegas	35° 01′	63° 00′	105
C Tejedor	35° 22′	62° 55′	105
C Casares	35° 37′	61° 22′	81
Rivadavia	35° 39′	63° 15′	105
Gral Pico	35° 40′	63° 44′	143
Trenel	35° 42′	64° 07′	164
Pehuajo	35° 48′	61° 54′	84
Castex	35° 53′	64° 17′	171
T Lauquen	35° 58′	62° 43′	80
Sta Rosa	36° 37′	64° 16′	175
Riglos	36° 51′	63° 42′	126
Macachin	37° 09′	63° 39′	130
Guatraché	37° 40′	63° 32′	169
Bernasconi	37° 54′	63° 43′	162



**Figura 1.** Anomalía de la precipitación anual de la Sub Región Pampa Central (1921-2015) y su media móvil (11 años)

**Tabla 2.** Resultados del SNHT aplicado a las series de precipitación anual de las localidades de la Sub Región Pampa Central (\* es usado cuando el valor de T excede 95%)

Localidad	Año de cambio	Valor T
Gral Deheza	1926	13,759 *
Río Cuarto	1968	26,339 *
Laboulaye	1976	3,568
Villa Huidobro	1925	4,301
Realicó	1936	4,420
Larroudé	2008	16,749 *
Gral Villegas	2003	11,127 *
C Tejedor	1976	3,090
C Casares	1929	3,583
Rivadavia	1935	5,095
Gral Pico	2008	20,210 *
Trenel	1984	5,462
Pehuajo	1954	4,855
Castex	1972	5,665
T Lauquen	1956	9,161 *
Sta Rosa	1985	3,324
Riglos	1977	14,999 *
Macachin	1990	5,303
Guatraché	2005	3,130
Bernasconi	2014	4,572

**Tabla 3.** Segmentación de la precipitación anual de la Sub Región Pampa Central por el método de Hubert (Hubert, *et al.*, 1989)

Sub Región	Subperíodo	Promedio (mm)	Desviación estándar	Coficiente de Variación
Pampa Central	1921-1961	657,6	129,4	19,7
	1962-1995	795,8	127,1	16,0
	1996-2002	997,4	127,9	12,8
	2003-2015	733,3	187,0	25,5

## REFERENCIAS

- Alexandersson, H.; Moberg, A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology* 17: 25-34
- Hubert, P. ; Carbonnel, P. ; Chaoche, A. 1989. Segmentation des séries hydrométriques. Application à des séries de précipitations et de débits de l'Afrique de l'ouest. *J. Hydrol.* 110, 349-367
- Khaliq, M.N. ; Quarda, T.B.M.J. 2007. On the critical values on the standard normal homogeneity test (SNHT). *International Journal of Climatology* 27: 681-687
- Pérez, S.; Sierra, E.; López, E.; Nizzero, G.; Momo, F.; Massobrio, M. 2011. Abrupt changes in rainfall in the Eastern area of La Pampa Province, Argentina. *Theor. Appl. Climatol.* 103, 159-165.
- Pérez, S.; Sierra, E. 2012. Changes in rainfall patterns in the eastern area of La Pampa province, Argentina. *Revista Ambiente & Agua An Interdisciplinary Journal of Applied Science.* 7 (1) 24-35. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.692>).
- Roberto, Z.E.; Casagrande, G.; Viglizzo, E. 1994. Lluvias en la Pampa Central: tendencia y variaciones del siglo. *Cambio Climático y Agricultura Sustentable en la Región Pampeana. Bol. INTA Centro Regional La Pampa-San Luis*, N°2, 25pp
- Satorre, E.H. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura argentina actual. *Ciencia Hoy* 15 (87):24-31
- Trigo, E. 2005. Consecuencias económicas de la transformación agrícola. *Ciencia Hoy* 15 (87):46-51

# NOVENTA Y UN AÑOS DE REGISTROS PLUVIOMÉTRICOS EN MONTECARLO, MISIONES

Silva, F. <sup>\*1</sup>; Olinuck, J. <sup>2</sup>; Münz, R.; Müller, H.

<sup>1</sup> EEA Montecarlo de INTA, Av. El Libertador N° 2472 (3384) Montecarlo, Misiones

\*Contacto: silva.fidelina@inta.gob.ar

**Palabras clave:** climatología; variabilidad climática, análisis de tendencias

## INTRODUCCIÓN

Las series meteorológicas de largos periodos de tiempo son muy escasas en Argentina y en general en Sudamérica, por lo cual la presente serie que comprende un periodo de 90 años de datos continuos de precipitación constituye una fuente de información invaluable para los estudios climáticos. La recolección sistemática fue realizada por el Sr Heine Müller y sus sucesores señores Roberto Münz y E. Vock, quienes continuaron esta tarea con el objetivo de brindar información a la Cooperativa Agrícola de Montecarlo. Los registros comenzaron en 1927 bajo las normas internacionales (Hilper, 1995), siendo ésta una de las series pluviométricas más larga y completas de la provincia de la cual se tenga conocimiento. Posadas e Iguazú (desde 1951), Cerro Azul (desde 1964), son otras localidades que cuentan con registros continuos extensos en nuestra región (SMN, 1965; Olinuck, 1998). El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la variabilidad de las precipitaciones anuales y determinar la existencia de tendencias en el periodo de tiempo analizado, se agrega a esto el interés en difundir la existencia de estos registros para estudios de variabilidad climática.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La serie analizada corresponde a los registros diarios, desde el año 1927 hasta 2017, sin datos faltantes, registrados en la zona urbana de la localidad de Montecarlo (26°34'33 S 54°43'50" O); los manuscritos originales se encuentran en la biblioteca de la Estación Experimental Agropecuaria de INTA en Montecarlo. La localidad corresponde al tipo Cfa (según Köppen), régimen pluviómetro casi-isohigro, precipitación media anual 1870 mm. Las temperaturas medias de los meses más cálido y más frío son 26,6 °C y 16,1 °C, respectivamente (periodo 1964-1993, Olinuck, 1995). Desde el punto de vista del paisaje, esta zona presenta colinas onduladas cubiertas con la vegetación nativa, forestaciones, cítricos, cultivos anuales. Las zonas más inclinadas coinciden con pendientes cortas (mayores al 5 %), que se dirigen a los cursos de agua (Lieger *et al.*, 1990). En la dirección oeste se encuentra el Río Paraná.

Se analizaron las tendencias lineales de la serie anual y de las 4 series estacionales. La significancia estadística de las tendencias se evaluó mediante la prueba no-paramétrica de Mann Kendall (Kendall y Stuart, 1967; Hollander y Wolfe, 1999). La caracterización de los registros pluviales del periodo analizado se realizó obteniendo los estadísticos descriptivos y un análisis de frecuencias de las lluvias anuales agrupadas por década, considerándose 8 décadas completas y la década 2010 en curso. Mediante el método de quintiles se clasificaron los años en las categorías: muy húmedo, húmedo, normal, seco y muy seco (OMM, 2011).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla n° 1 se presentan los estadísticos descriptivos de las series mensuales y la serie anual. Se destacan los altos valores variabilidad en todos los meses del año; mientras que la variabilidad de la precipitación anual tuvo un valor de coeficiente de variación del 24 %. El máximo valor de precipitación mensual se registró en abril de 1941, mientras que el mínimo ocurrió en agosto de 1938. La alta variabilidad de las lluvias mensuales se refleja en el hecho de que en cualquier mes del año se pueden presentar lluvias en exceso o por el contrario lluvias muy escasas. Cuando se analizó el año más lluvioso (1928) y menos lluvioso de la serie (1951), se encontró que tanto los meses más lluviosos como los más secos correspondieron a la época otoño-invernal. El número de días en 1928 fue de 92 y en 1951 fue de 59, siendo 110 días la media climática (Olinuck, 1995).

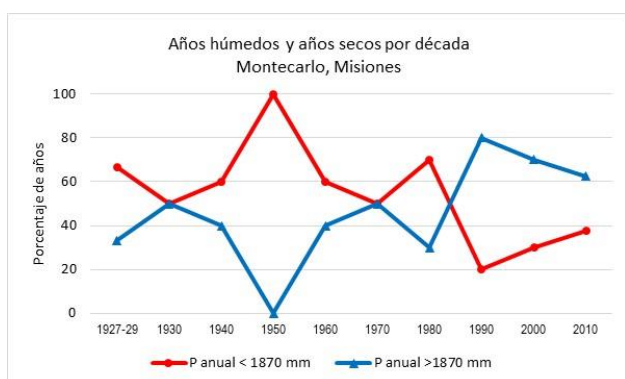
**Tabla 1.** Estadísticos descriptivos de la serie de precipitación mensual (mm), periodo 1927-2017, registrados en Montecarlo, Misiones, Argentina. Referencia: cv, coeficiente de variación.

	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	anual
Promedio	169,3	149,0	154,5	169,3	161,5	156,4	110,6	116,4	149,4	210,6	159,2	163,8	1870,0
Máximo	454,0	377,0	366,2	551,0	485,8	467,0	443,4	349,4	394,2	504,5	500,5	477,0	2925,0
Mínimo	5,9	18,0	7,0	4,7	13,6	14,0	7,8	4,0	16,8	47,0	5,0	11,0	889,0
Mediana	148,8	128,6	127,1	147,6	141,7	151,7	102	92	148,1	190	138	131,2	1835,0
cv	0,59	0,57	0,58	0,64	0,60	0,64	0,64	0,67	0,52	0,47	0,65	0,65	0,24

Comparadas las precipitaciones anuales con el promedio general y agrupados por décadas, se obtuvo la proporción de años húmedos y secos dentro de cada década (Figura 1). De esta manera se observó que en la década 1930 comenzó un período seco que se extendió hasta fines de la década del 60; en la década del '70 la proporción



de años secos fue de un 70%, comenzando un periodo húmedo desde la década del '80, siendo más marcado en la década del '90, manteniéndose más alta la proporción de años húmedos hasta la década actual.



**Figura 1.** Proporción de años húmedos y secos en cada década en referencia al promedio climático de 1870 mm. Localidad de Montecarlo, Misiones, Argentina.

Se realizó el análisis de tendencia para la serie de precipitación anual y para las series de precipitaciones acumuladas por estación del año. Los resultados de la prueba de Mann Kendall (MK) indicaron que las tendencias son significativas para la serie anual y para las series de otoño, verano y primavera (Tabla n° 2).

**Tabla 2.** Resultados de la prueba de tendencia de Mann Kendall. Referencias: Z, valor de la distribución normal estandarizada; p, probabilidad del error de tipo 1.

Serie de precipitación	Z (MK)	Valor de p
Anual	2.80	0.0025
Otoño	2.24	0.0124
Invierno	-0.41	0.6608
Primavera	2.33	0.0097
Verano	3.09	0.0010

## CONCLUSIONES

El análisis decádico de las lluvias anuales muestra la existencia de un periodo seco que se extendió desde 1930 hasta finales de la década del '60; luego un periodo húmedo que se inicia en la década del '90 y continúa en el presente.

Se encontró una tendencia ascendente de los valores anuales de precipitación, en la cual las dos últimas décadas del periodo analizado tienen una importante participación demostrada a partir del análisis decádico.

Analizadas las tendencias en cada estación del año, se encontró que son significativas las presentadas por las series de otoño, primavera y verano.

## AGRADECIMIENTOS

A todas las personas de EEA Montecarlo de INTA que colaboraron con la recopilación de la información meteorológica registrada por la familia del Sr. Heine Müller.

## REFERENCIAS

- Hilpert, B. 1995. Heiner, el meteorólogo. Infomappe. Cooperación Técnica Argentino-alemana. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), GmbH-Centro Tecnológico de la Madera. 3 pp.
- Hollander, M.; Wolfe, D. 1999. Nonparametric Statistical Methods. Second edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Kendall, M.A.; Stuart, A. 1967. The advanced theory of statistics. 2.ed. Londres: Charles Griffin. v.2, 690p, 1967.
- Ligier, H.; Matteio, H.; Polo, H.; Rosso, J. 1990. Atlas de suelos de la República Argentina: Provincia de. Misiones. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, p: 109-154.
- Olinuck, J. A. 1995. El clima de la localidad de Montecarlo. Período 1964-1993. Informe Técnico n° 62. INTA EEA CA
- Olinuck, J. A. 1998. El clima de la localidad de Cerro Azul. Período 1967-1996. Informe Técnico n° 68. INTA EEA CA
- Organización Meteorológica Mundial, OMM. 2011. Guía de prácticas climatológicas. Ginebra, N 100. [https://library.wmo.int/pmb\\_ged/wmo\\_100\\_es.pdf](https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_100_es.pdf), Consultado 20/05/2018.
- SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 1965. Estadísticas climatológicas 1951-1960. N° 6. Fuerza Aérea Argentina

# ÁREAS HOMOGÉNEAS DE VARIABILIDAD DE RENDIMIENTO DE SOJA, MAÍZ Y SORGO EN LA REGIÓN PAMPEANA

Sola, F.N.J.<sup>1\*</sup>; Coronel, A.<sup>1,2</sup>; Jozami, E.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC14 2125, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (UNR-CONICET), Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC14 2125, Argentina

<sup>3</sup> Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Rosario, Maipu 1065, Rosario, 2000, Argentina

\*Contacto: fede\_sola@hotmail.com

**Palabras clave:** variabilidad climática; correlaciones; regionalización

## INTRODUCCIÓN

Los principales cultivos estivales implantados en la región pampeana se realizan mayoritariamente en condiciones de secano, por lo que sus rendimientos están altamente asociados a las precipitaciones ocurridas durante su ciclo de crecimiento entre los meses de octubre y enero (Andrade *et al.*, 1996), variable que presenta una elevada variabilidad interanual. A su vez esta región presenta una marcada variabilidad espacial en cuanto a sus condiciones edafoclimáticas lo cual impacta en la variabilidad de los rendimientos (Jozami *et al.*, 2017).

Para los cultivos de soja, maíz y sorgo, existe un gran rango de fechas de siembra que se extienden en la región pampeana, desde mediados de septiembre hasta los últimos días de diciembre, lo cual, asociado a las características meteorológicas de cada año, condiciona el momento de ocurrencia del período crítico. En general, este período acontece en algún momento entre los meses de diciembre y marzo (ORA, 2018).

El objetivo de este trabajo fue determinar regiones homogéneas en variabilidad interanual de rendimiento asociado a la variabilidad climática, para los cultivos de soja, maíz y sorgo en la región pampeana desde la década del 70'.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron datos de rendimientos de los 180 departamentos de las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fe, del Ministerio de Agroindustria, para las campañas comprendidas entre 1969/70-2015/16 en sorgo y maíz y 1973/74-2015/16 en soja.

Para determinar grupos de rendimientos homogéneos, se analizó cada departamento, seleccionando aquellos que tuviesen como mínimo datos disponibles de rendimientos de 35 (sorgo y maíz) y 30 (soja) campañas válidas que representen el 75% de los años analizados, tomando como campaña válida aquella cuya superficie cosechada alcanzare al menos un 50% de la superficie sembrada, quedando 101 departamentos para soja, 64 para sorgo y 94 para maíz.

En cada departamento se realizó una línea de tendencia calculada a partir de un polinomio de tercer orden según la metodología utilizada en otros estudios (e.g. Hurtado *et al.*, 2003). El aumento de rendimiento asociado a las mejoras tecnológicas (mejoras genéticas, fertilidad, métodos de labranzas y otros), fue filtrado realizando el cociente entre el rendimiento real y el rendimiento según la línea de tendencia (Jozami *et al.*, 2017), obteniendo como resultado la serie de rendimientos ajustados (Raj) los cuales están asociados a la variabilidad climática interanual.

Para la delimitación de las zonas y para cada cultivo, se utilizó la metodología propuesta por Fernández Long *et al.*, (2011) que se detalla a continuación. Primero se eligió el departamento con mayor rendimiento promedio de los últimos 10 años, tomándolo como cabecera de zona y se procedió a buscar todos aquellos departamentos que tuviesen un coeficiente de correlación de los valores del Raj (de toda la serie histórica) mayor a un valor umbral determinado para cada cultivo con el Raj de dicho departamento, quedando así conformada la primera zona homogénea. Dicho umbral surgió de evaluar iterativamente distintos valores de correlación entre 0.7 y 0.9 optando por un umbral de 0.7 (sorgo y soja) y 0.75 (maíz) por presentar un mejor agrupamiento espacial de los departamentos en cuanto a número de departamentos por grupo y minimizar la cantidad de departamento sin pertenencia a un grupo. Para confeccionar las demás zonas se repitió el mismo procedimiento con los departamentos restantes.

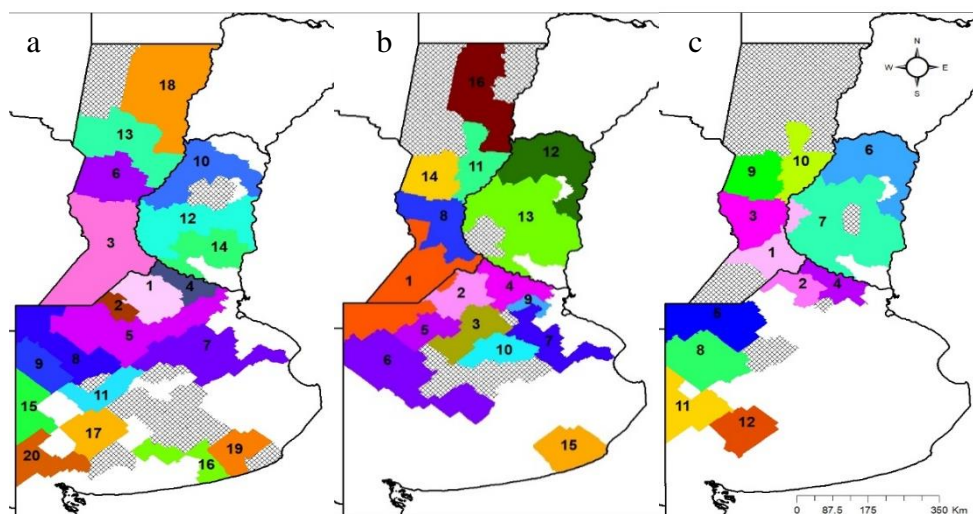
Si un departamento no se agrupó a una zona adyacente, se lo analizó por separado tratando de reubicarlo en otra zona, siempre que la correlación con los departamentos cabecera fuese superior al valor umbral correspondiente al cultivo. En caso de no poder ser reubicado por baja correlación, el mismo fue desestimado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agrupamiento determinó la conformación de 16 zonas homogéneas para maíz, 20 para soja y 12 para sorgo (Figura 1). La provincia de Entre Ríos presentó la menor cantidad de zonas homogéneas, 2 notablemente coincidentes entre sí para maíz y sorgo, y 3 zonas para el cultivo de soja. En los tres cultivos, el agrupamiento de esta provincia fue latitudinal. El mismo comportamiento se observa en la provincia de Santa Fe para el cultivo de



soja y en el sector oeste de Buenos Aires para el cultivo de sorgo. En la provincia de Buenos Aires se observa un patrón de agrupamientos de departamentos tanto latitudinal como longitudinal, que podría estar asociado a la variabilidad espacial de las precipitaciones las cuales decrecen en esta provincia de norte a sur y de este a oeste.



**Figura 1:** mapa de grupos homogéneos de los Raj de soja (a), maíz (b) y sorgo (c) de las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fe. Las áreas en blanco corresponden a departamentos que no cumplieron con los requisitos para el análisis y las cuadrículas a los que no entraron en ningún grupo.

Este agrupamiento permite trabajar con áreas cuya variabilidad de rendimientos atribuibles a las condiciones climáticas presentan comportamientos similares. De esta forma se podría usar esta regionalización para evaluar el efecto de indicadores de la circulación atmosférica, como los asociados al ENOS, sobre el Raj de cada cultivo, posibilitando realizar estudios predictivos de rendimiento.

## CONCLUSIONES

Se han encontrado zonas homogéneas en cuanto al rendimiento filtrado por avances tecnológicos de soja maíz y sorgo en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos y Santa Fe, quedando sólo la variabilidad interanual de los mismos debido a la variabilidad climática. Se espera poder utilizar estas zonas en estudios futuros para facilitar el análisis del comportamiento de los rendimientos de estos cultivos en la región y el efecto de distintos indicadores oceánico-atmosféricos sobre los mismos.

## REFERENCIAS

- Andrade, F.H.; Cirilo, A.; Uhart, S.; Otegui, M. 1996. *Ecofisiología del Cultivo de Maíz*. Editorial La Barrosa. EEA Balcarce, CERBAS, INTA-FCA, UNMP (Eds.). Dekalb Press. Buenos Aires, Argentina. 292 p.
- Fernández Long, M. E.; Spescha, L.; Hurtado, R.; Murphy, G. M. 2011. Impact of the ENSO on corn yields in the Argentinean pampas region. *Agriscientia* XXVIII: 31-38.
- Hurtado, R.; Spescha, L.; Fernández Long, M.E.; Murphy, G.M. 2003. Evaluación del ENSO como predictor de los rendimientos de maíz en la Región Pampeana (Argentina). *Rev. Fac. de Agronomía* 23(2-3): 131- 139.
- Jozami, E.; Montero Bulacio, E.; Coronel, A. 2017. Temporal variability of ENSO effects on corn yield at the central region or Argentina. *International Journal of Climatology* 38: 1-12.
- ORA. 2018. Oficina de riesgo agropecuario. ([http://www.ora.gob.ar/riesgo\\_fenologia.php](http://www.ora.gob.ar/riesgo_fenologia.php)). Consultado 21/02/2018.

# ANÁLISIS ESPACIAL DE LAS PRECIPITACIONES EN TUCUMÁN, ARGENTINA

Zeman, E.<sup>1 y 2\*</sup>; Agüero, S.<sup>2</sup>; Morales, C.<sup>1</sup>; Abbás Silman, M.<sup>2</sup>; Castillo, E.<sup>2</sup> y del Pino, F.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estación Experimental Agropecuaria INTA-Famaillá, Ruta Prov. 301 Km, 32, Famaillá. Tucumán, Argentina.

<sup>2</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Av. Roca 1900. San Miguel de Tucumán. Argentina

\*Contacto: zeman.eugenia@inta.gob.ar

**Palabras clave:** isohietas; variabilidad espacial

## INTRODUCCIÓN

La provincia de Tucumán muestra grandes contrastes en su fisiografía, presentando zonas de pedemonte, llanuras, cuencas y valles intermontanos (Guido, 2011), intercalados en el relieve montañoso. Su multiplicidad de condiciones agroecológicas ha permitido el desarrollo de una variada producción agrícola y pecuaria (IGN-CONAE-UNT, 2014). Sin embargo, la escasez de información pluviométrica, la dificultad en su obtención, la ausencia de registros continuos de longitud considerable y la variación temporal y espacial de las precipitaciones, limitan los estudios agroecológicos y la aplicación de metodologías de interpolación de variables agrometeorológicas. La falta de información agroclimática en los valles intermontanos continúa siendo un problema tal como citaba Torres Bruchmann (1976), por no permitir el correcto trazado de las curvas de precipitación agravado porque el territorio montañoso comprende el 50% de la provincia.

Los mapas de isohietas permiten hacer un análisis espacial de la variable y establecer las relaciones existentes entre las precipitaciones promediadas en dos períodos de tiempo. Normalmente las isohietas anuales se trazan a intervalos de 100 mm; en las zonas de montaña los valores pueden ser muy altos con fuertes gradientes, que podrían duplicar o triplicar estos intervalos (Fernández García, 1996). En Tucumán se hicieron cartas de isohietas con promedios de precipitaciones hasta la década del 70 (Minetti, 1974; Torres Bruchmann, 1976). Regionalmente hay cartas de isohietas a partir de series modernas (Bianchi y Cravero, 2010), sin embargo, la superficie de la provincia de Tucumán es tan pequeña que no se llega a representar la diversidad de ambientes que presenta.

El objetivo de este trabajo fue analizar la distribución espacial de las precipitaciones medias anuales promediadas entre 1935-1990 y 1991-2017 en Tucumán, Argentina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con información publicada en estadísticas climatológicas de Bianchi y Yáñez (1992), EEAO (2018), INTA (2018), BDHI Subsecretaría de Recursos Hídricos (2018) y SMN (n.d.).

Usando el principio de las curvas de nivel para su representación, uniendo todos aquellos puntos donde la variable toma el mismo valor y se obtienen las líneas isométricas correspondientes. Con información climática de precipitación media anual georeferenciada se procedió al cálculo de dos series promediadas entre 1935-1990 y 1991-2017, para lograr el mapa de isohietas para la provincia de Tucumán, se trabajó en un entorno SIG (Sistema de información geográfica), se recurrió a métodos de geoestadísticas a fin de realizar la interpolación entre los puntos del mapa. Se utilizó la herramienta Multilevel b-spline interpolation de QGIS (Open Free), a partir de la generación del raster obtenido se procedió a extraer las isohietas de precipitación media anual, realizando un cartografiado cuantitativo y comparación por superposición de las imágenes obtenidas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el área productiva del pedemonte tucumano se registró un aumento de las precipitaciones, la isohieta de los 1100 mm anuales se desplazó hacia el oeste. En la zona de llanura se distinguen dos situaciones; hacia el norte, la isohieta de los 700 mm se desplaza hacia el oeste, en perjuicio del volumen pluviométrico de la llanura no salina, mientras que, hacia el sur provincial, los volúmenes de precipitación se mantienen sin cambios.

Sobre los valles intermontanos se observa en general una disminución en los volúmenes pluviométricos, aunque es necesario completar este estudio en la región, ya que la información pluviométrica es aún escasa (Figura 1).

Castañeda y Barros (2001) documentan presencia de tendencias significativas en gran parte del Sudeste de Sudamérica, especialmente sobre la región pampeana. Según Cernelos *et al.*, (2006), en el territorio argentino no se observa un comportamiento generalizado de las precipitaciones con respecto al valor normal. Las anomalías positivas se producen al este del país, en Entre Ríos y gran parte de Buenos Aires y las negativas corresponden a una franja diagonal que va desde el noroeste al sureste del país. Sierra *et al.* demuestran en 1994 un corrimiento de las isohietas de los 500, 750 y 1000 mm hacia el oeste de la región pampeana. Galván *et al.*, (2003) registran un incremento en los valores pluviométricos en la provincia de Santiago del Estero comparando 1941-1990 y 1991-2002, además de un desplazamiento en 70 km hacia el suroeste de la isohieta de los 500 mm.



## **ÁREA TEMÁTICA 7**

**Adversidades Agroclimáticas y Manejo del fuego**



# FRECUENCIA E INTENSIDAD DE HELADAS METEOROLÓGICAS EN LA LLANURA TUCUMANA (PERIODO 2007 - 2017)

Agüero, S.<sup>1\*</sup>; Zeman, E.<sup>1,2</sup>; Castillo, E.<sup>1</sup>; Abbás Silman, M.<sup>1</sup>; del Pino, F.<sup>1</sup>; Lamelas, C.<sup>1,3</sup> y Costa, M.C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cátedra Climatología y Fenología Agrícolas- Facultad de Agronomía y Zootecnia - UNT, San Miguel de Tucumán, Tucumán (CP 4000), Argentina

<sup>2</sup> EEA INTA Famaillá, Ruta 301 Km 32, Padilla, Tucumán (CP 4132), Argentina

<sup>3</sup> EEAOC, Av. William Cross 3150, San Miguel de Tucumán, Tucumán (CP 4101), Argentina

\*Contacto: sofiaguero@gmail.com

**Palabras clave:** adversidad; severidad; daños a cultivos

## INTRODUCCIÓN

Entre las adversidades que se deben tener en cuenta en las actividades agropecuarias, las heladas tienen una marcada importancia en el campo de la agroclimatología, ya que presentan la potencialidad de ocasionar daños a la producción, modificar los calendarios de siembra y cosecha, determinar la elección de cultivos y variedades agrícolas y en muchas ocasiones, producir pérdidas significativas de rendimiento y calidad de productos de origen agropecuario (Belmonte y Olguín Paéz, 2015). La gravedad de los daños depende de la intensidad, duración y fase fenológica del cultivo. Para la ocurrencia de heladas, intervienen factores macrometeorológicos como la circulación de masas de aire y el balance calórico regional y factores micrometeorológicos como el movimiento o circulación del aire, la presencia o ausencia de nubes, el grado de humedad del aire, las características propias del suelo, etc., los que actúan dando a las heladas sus características (Torres Bruchmann, 1975). En Tucumán, la mayoría de los estudios sobre heladas se hicieron en la década del '70 (Torres Bruchmann, 1975; 1976; 1977), reanudándose de manera activa los mismos a partir de la década del '90, merced a la instalación por parte de la Estación Experimental Agroindustrial "Obispo Colombes" (EEAOC) de una red de estaciones meteorológicas automáticas en distintas localidades del territorio provincial (Lamelas y Forciniti, 1999). El régimen agroclimático de heladas hace referencia al estudio de las características de intensidad, frecuencia, tipo, duración, época de ocurrencia y peligrosidad de las mismas, a fin de mostrar los valores climáticos representativos de un lugar (Burgos, 1963). El objetivo de este trabajo fue analizar la frecuencia e intensidad de las heladas meteorológicas en la llanura tucumana, durante el período 2007-2017 en relación a investigaciones anteriores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se analizaron los datos de las heladas meteorológicas de los últimos 11 años (2007-2017) de distintas localidades de la llanura tucumana, provistos por la EEAOC (2018). Los sitios analizados fueron: La Cruz (26°63'S; 64°83'W; 493 msnm); Monte Redondo (26°82'S; 64°85'W; 394 msnm); Famaillá (27°03'S; 65°25'W; 363 msnm); Viclos (27°17'S; 64°87'W; 401 msnm); Ingas (27°41'S; 65°36'W; 319 msnm); Casas Viejas (27°77'S; 65°50'W; 384 msnm); Javicho (27°00'S; 64°67'W; 324 msnm) y Rapelli (26°40'S; 64°49'W; 400 msnm). Se consideró como helada meteorológica a todos los descensos térmicos con valores iguales o inferiores a 0 °C medidos a 1,50 m de altura. Se evaluó la frecuencia de ocurrencia del fenómeno y la intensidad dada por el valor en °C que alcanza, para lo cual se utilizó la siguiente escala: muy severa (> a -10 °C), severa (-8.0 a -9.9 °C), muy fuerte (-6.0 a -7.9 °C), fuerte (-4.0 a -5.9 °C), moderada (-2.0 a -3.9 °C) y suave (0.0 a -1.9 °C) (Da Motta, 1961). La intensidad fue expresada en porcentaje para las distintas localidades evaluadas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 puede verse la frecuencia media anual y la intensidad de heladas en las distintas localidades evaluadas, observándose que el mayor número se presentó en las localidades situadas hacia el este de la provincia (Javicho, con 21 heladas al año; Monte Redondo con 11,3) y en las localidades del sur de la llanura (Ingas con 17,4 y Casas Viejas con 11). Nuestras determinaciones, en contraste con el informe de Torres Bruchmann (1975), muestran una disminución en la frecuencia de heladas para la mayoría de las localidades estudiadas, salvo Ingas donde aumentó de 10 a 17,4 y Javicho de 11 a 21. Respecto a la intensidad de las heladas y siguiendo la escala de Da Motta (1961), se observa que en todas las localidades el mayor porcentaje corresponde a heladas suaves, siguiendo con moderadas y en menor medida las heladas fuertes. La clasificación muy fuertes se presentó en Monte Redondo, Ingas, Casas Viejas y Javicho, coincidiendo con las de mayor frecuencia media anual. Las heladas severas se presentaron en Ingas y Javicho y las muy severas sólo en Javicho.

La Tabla 2 muestra las fechas medias de primeras (FMPH) y últimas heladas (FMUH) de las distintas localidades estudiadas. Comparando estos parámetros con lo informado por Torres Bruchmann (1975), durante el período 1931-1970, se observa que en la década 2007-2017, sufrieron un retraso en su ocurrencia, tanto las primeras como las últimas heladas.

**Tabla 1:** Frecuencia media anual y frecuencia porcentual según intensidad de las heladas (%) de las localidades evaluadas, empleando la escala de Da Motta (1961)

Localidad	Frecuencia media anual	Intensidad (%)					
		Suave (0 a -1,9°C)	Moderada (-2 a -3,9°C)	Fuerte (-4 a -5,9°C)	Muy fuerte (-6 a -7,9°C)	Severa (-8 a -9,9°C)	Muy severa (>-10°C)
La Cruz	5,5	57,4	34,4	8,2	0	0	0
Monte Red.	11,3	47,6	36,3	11,3	4,8	0	0
Famaillá	6,8	80,0	18,7	1,3	0	0	0
Viclos	3,5	84,2	13,2	2,6	0	0	0
Ingas	17,4	59,7	28,8	8,4	2,6	0,5	0
Casas Viejas	11	56,5	29,8	11,3	2,4	0	0
Javicho	21	50,9	27,4	13,0	6,5	1,7	0,4
Rapelli	4,4	68,8	25	6,3	0	0	0

Según las fechas encontradas por Lamelas *et al.* (2008) para las localidades de La Cruz y Monte Redondo (período 1997-2007), se vio que las FMPH no mostraron diferencias con nuestros resultados. En el caso de las FMUH, se determina en este trabajo, un adelanto para la última década en ambos sitios, por lo que el período con heladas se vio acortado en 12 días en La Cruz y 9 días en Monte Redondo.

**Tabla 2:** Fechas medias de primeras (FMPH) y últimas heladas (FMUH) para las distintas localidades de la llanura tucumana

Localidad	La Cruz	Monte Redondo	Famaillá	Viclos	Ingas	Casas Viejas	Javicho	Rapelli
FMPH	03/07	24/06	28/06	02/06	27/06	01/07	11/06	28/06
FMUH	21/08	21/08	12/08	10/08	30/08	24/08	03/09	08/08

## CONCLUSIONES

En el período 2007-2017 se observó que la frecuencia media anual de heladas se redujo en gran parte de la llanura tucumana, salvo en el caso de Ingas y Javicho.

Según el grado de severidad de las heladas, en todas las localidades predominaron las heladas suaves y moderadas y sólo se presentaron del tipo severo y muy severo en Ingas y Javicho.

En el período 2007-2017, las FMPH y FMUH sufrieron un atraso con respecto a las fechas de los años 1931-1970. Con respecto al período 1997 - 2007, las últimas heladas sufrieron un adelanto, reduciendo el período medio con heladas.

El número de heladas presentes en un año y analizadas por clase térmica, pueden ser orientadoras del tipo de cultivo a realizar, siendo las áreas con condiciones más favorables, aquellas donde la intensidad y frecuencia son suaves.

Con este trabajo queda demostrado que la actualización de la información climática, es importante para la planificación de las actividades agrícolas en el área estudiada.

## REFERENCIAS

- Belmonte, M.L.; Olgún Paéz, R. 2015. Caracterización agroclimática de las heladas en Anguil (La Pampa) Período 1973-2014. Publicación Técnica N° 100. INTA Ediciones. 18 p.
- Burgos, J.J. 1963. Las heladas en Argentina. INTA Colección Científica, Buenos Aires, Vol 3: 388 p.
- Da Motta, F. 1961. Geadas de primavera no Río Grande do Sul. Cir. Inst. Agron. S. Pelotas. Brasil:1-15.
- EEAOC. 2018. Informe de heladas meteorológicas. Consultado 30/04/2018. Extraído de: <http://www.eeaoc.org.ar/agromet/trohel.php?opcion=1&pagina=1>.
- Lamelas, C.M.; Forciniti, J.D. 1999. Automatización de los registros meteorológicos. Mejora de la Red Provincial de Mediciones Climáticas. Avance Agroindustrial N° 79: 33-36.
- Lamelas, C.; Forciniti, J.; Soulé Gomez, L. 2008. Comportamiento de las heladas meteorológicas en el noreste de la provincia de Tucumán en el período 1997-2007. XII Reunión Argentina de Agrometeorología. San Salvador de Jujuy - Argentina.
- Torres Bruchmann, E.A. 1975. Las heladas en la provincia de Tucumán. Publicación Miscelánea N° 58 FAZ-UNT. 37 p.
- Torres Bruchmann, E.A. 1976. Atlas agroclimático y bioclimático de Tucumán (1ª Parte). Pub. Esp. N° 7. FAZ-UNT. 12 p.
- Torres Bruchmann, E.A. 1977. Atlas agroclimático y bioclimático de Tucumán (2ª Parte). Pub. Esp. N° 10. FAZ-UNT. 14 p.

# VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE LAS SEQUÍAS EN CÓRDOBA, ARGENTINA

Bocco, A.<sup>1\*</sup>; Vinocur, M.G.<sup>1</sup>

Agrometeorología, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, X5804BYA Río Cuarto, Pcia. de Córdoba, Argentina

\*Contacto: boccoaleessio@gmail.com

**Palabras clave:** SPEI; regionalización; tendencias

## INTRODUCCIÓN

Las sequías son una manifestación extrema de la variabilidad climática y uno de los fenómenos meteorológicos más complejos por la dificultad de su monitoreo y la consecuente detección de su comienzo y extensión espacial. Su complejidad está relacionada a la inexistencia de una clara definición del fenómeno, aunque esta se podría simplificar considerando un desbalance más o menos prolongado entre la oferta hídrica y la demanda atmosférica (Wilhite and Glantz, 1985).

Para la gestión de este fenómeno y del riesgo que representa, es muy importante conocer como ha sido su comportamiento tanto desde el punto de vista espacial como temporal. El objetivo de este trabajo es analizar la variabilidad espacio-temporal de las sequías en la provincia de Córdoba (Argentina) y sus variaciones no lineales durante el período 1961–2015 utilizando el Índice estandarizado de precipitación y evapotranspiración (SPEI) (Vicente-Serrano et al., 2010) para su caracterización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos de precipitación mensual fueron provistos por el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, la Secretaría de Recursos Hídricos de la provincia de Córdoba, la Universidad Nacional de Río Cuarto y productores privados. Se realizó un control de calidad exhaustivo de las series para eliminar outliers y registros sospechosos (Serrano-Notivoli *et al.*, 2017) y *a posteriori* se verificó su homogeneidad con el paquete *Climatol* de R (Guijarro, 2016). Este proceso permitió la creación de 126 series confiables de precipitación para el período 1961 – 2015. Los datos de temperatura máxima y mínima mensual del aire, para el cálculo de la demanda atmosférica, fueron obtenidos por medio de un Delta downscaling (Mosier *et al.*, 2014) de la base de datos del Climate Research Unit (Harris *et al.*, 2014), utilizando como base la climatología de WorldClim 2.0 (Fick and Hijmans, 2017) para alcanzar una resolución espacial de 1 km<sup>2</sup>. Los resultados de este último análisis fueron contrastados con datos observados de 49 estaciones de Córdoba y zonas aledañas, obteniéndose muy buenos resultados: sesgo de 0,03°C y R<sup>2</sup> de 0,90 para temperatura máxima y sesgo 0,13 °C y R<sup>2</sup> de 0,99 para temperatura mínima.

Con esos datos se calculó el SPEI para cada una de las 126 estaciones en una escala de tres meses (SPEI 3) para aproximarse a la identificación de las sequías agrícolas. Este índice consiste en la estandarización de la diferencia entre la precipitación mensual (P) y la evapotranspiración potencial (ETP) agregada en distintas escalas temporales según corresponda. Esta acumulación es ajustada a una distribución log-logística de tres parámetros y luego transformada a desvíos estándar con respecto a la media para la obtención de un índice estandarizado con media cero y desvío estándar de uno. Valores positivos del índice indican condiciones húmedas mientras que los negativos secas. La ETP se estimó con el método de Hargreaves modificado, que contempla también la precipitación (Doggers and Allen, 2002).

La regionalización objetiva, considerando las series completas de SPEI 3, se realizó a través de un análisis de componentes principales rotados (ACPR) en modo S (Richman, 1986). Esta técnica permite el agrupamiento de las diferentes estaciones meteorológicas climáticamente homogéneas en función de los valores de SPEI. Al ser realizado en modo S, las componentes rotadas pueden ser graficadas para visualizar el patrón espacial de la variable en estudio y además, se obtiene una serie de tiempo representativa de cada región. El ACPR exige una serie de requisitos para poder ser aplicado, como el test de esfericidad de Barlett y la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Ambas pruebas tuvieron resultados satisfactorios por lo que fue posible realizar el análisis multivariado. Como criterio de corte para la retención de las distintas componentes se combinaron métodos gráficos como el *screeplot*, la regla de Kaiser y análisis paralelos de Horn.

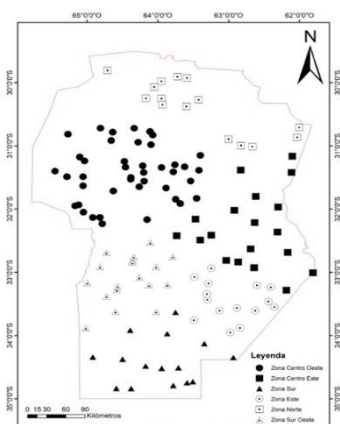
Una vez obtenidas las series regionales, se evaluó la tendencia no lineal a través de la descomposición empírica de modos (DEM) de cada serie (Torres *et al.*, 2011). Se escogió este método por su robustez frente a vectores no estacionarios y cuyas variaciones temporales no son lineales y porque las tendencias lineales tienden a enmascarar la variabilidad climática.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

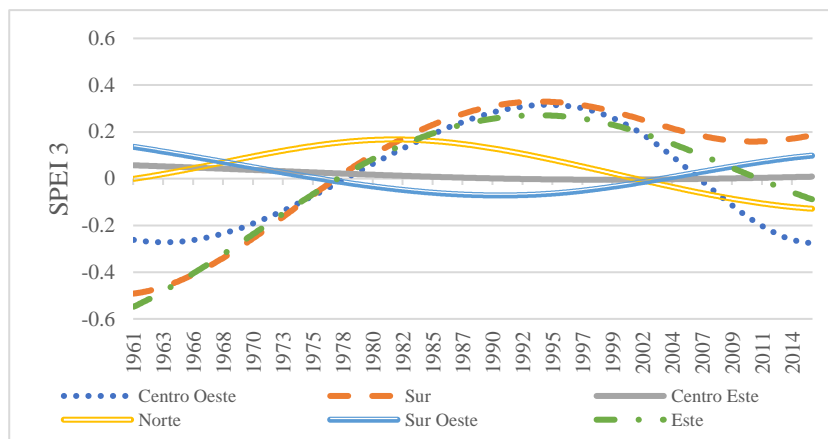
El análisis de ACPR permitió definir seis zonas homogéneas distintas basados en los componentes retenidos. Los seis primeros componentes explican el 83,3% de la variabilidad total y surgen de considerar los resultados de las distintas maneras de estimar los componentes a retener. En la Figura 1 se observan las estaciones que corresponden a las distintas regiones identificadas: el componente principal rotado (CPR) 1 corresponde a la



zona Centro-Norte agrupando 42 estaciones; CPR2 a la zona Sur conteniendo 19, el CPR3 a la zona Centro-Este con 17; CPR 4 a la zona Norte agrupando 15 estaciones; CPR 5 a la zona Centro-Oeste con 15 y CPR 6 a la zona Este conteniendo 18 estaciones.



**Figura 4** Regionalización basada en SPEI 3



**Figura 3** Tendencia no lineal del SPEI 3 para cada región

Para cada una de las zonas homogéneas se extrajo una serie regional de SPEI 3 que resume la variabilidad presente dentro de ella. El residuo de la DEM, que corresponde a la tendencia no lineal de cada una de las regiones, se presenta en la Figura 2. Se observa que para las regiones Centro Oeste, Este y Sur, el índice tuvo una tendencia positiva hasta fines de los 80s o principios de los 90s para luego adquirir una pendiente negativa, siendo ésta especialmente significativa para el caso de la zona Centro-Oeste mientras que para la región Sur la tendencia pareciera revertirse. La región Norte tuvo el pico de balances positivos unos años antes, a principios de los 80s para luego descender a una tasa relativamente constante. La zona Sur Oeste presentó un comportamiento inverso, la tendencia fue levemente negativa hasta el comienzo de la década del 90 cambiando a positiva hasta la actualidad, indicando balances hídricos crecientes. Por último, la tendencia de la sequía en la región Centro Este no mostró una variabilidad importante.

## CONCLUSIONES

El territorio cordobés mostró una marcada variabilidad en cuanto a los valores del SPEI 3 pese a su relativo pequeño tamaño. Las regiones obtenidas son climáticamente coherentes por lo que son pertinentes para el diseño de un sistema regional de monitoreo de sequías. Los resultados sobre las tendencias para las regiones Centro Oeste y Este son muy similares a los discutidos por Rivera *et al.*, (2013) e indican un posible aumento en las deficiencias hídricas regionales. Para las demás regiones son una novedad, principalmente por la otrora ausencia de datos. Es destacable el comportamiento distintivo de la región Sur por lo que su explicación será el motivo de futuras investigaciones. Vale la pena señalar que las series regionales obtenidas pueden ser asociadas a forzantes oceánicos y atmosféricos para detectar los mecanismos que determinan el patrón de variabilidad descripto.

## REFERENCIAS

- Doggers, P.; Allen, R. G. 2002. Estimating reference evapotranspiration under inaccurate data conditions. *Irrigation and drainage systems* 16, 33-45.
- Fick, S. E.; Hijmans, R. J. 2017. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37, 4302-4315.
- Guijarro, J. A. 2016. Automatización de la homogeneización de series climáticas: nuevas funciones del paquete Climatol 3.0. In "Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio", pp. 153-160.
- Harris, I.; Jones, P. D.; Osborn, T. J.; Lister, D. H. 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology* 34, 623-642.
- Mosier, T.; Hill, D.; Sharp, K. 2014. 30-Arcsecond monthly climate surfaces with global land coverage. *International Journal of Climatology* 34, 2175-2188.
- Richman, M. B. 1986. Rotation of principal components. *Journal of Climatology* 6, 293-335.
- Rivera, J.; Penalba, O.; Betolli, M. L. 2013. Inter-annual and inter-decadal variability of dry days in Argentina. *International Journal of Climatology* 33, 834-842.
- Serrano-Notivol, R.; de Luis, M.; Beguería, S. 2017. An R package for daily precipitation climate series reconstruction. *Environmental Modelling & Software* 89, 190-195.
- Torres, M.; Colominas, M. A.; Schlotthauer, G.; Flandrin, P. 2011. A complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise. In "Acoustics, speech and signal processing (ICASSP), 2011 IEEE international conference, pp. 4144-4147.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., y López-Moreno, J. I. 2010. A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate* 23, 1696-1718.
- Willhite, D.; Glantz, M. 1985. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water International* 10, 111-120.

# REGISTRO DE TEMPERATURAS ACTINOTERMICAS: RANGOS DE TEMPERATURAS DE HELADAS EN SUPERFICIE EN SAN PEDRO, PROVINCIA DE BS.AS (ARGENTINA)

Martínez, S.B.<sup>1</sup>; Zaneck, C.<sup>2\*</sup>; Masi, M.A<sup>1</sup>; Pomés, J.

<sup>1</sup> Universidad Nacional del Noroeste, Junín, CP, República Argentina;

<sup>2</sup> INTA, Estación Experimental Agropecuaria San Pedro, Buenos Aires, República Argentina.

\* Contacto zaneck.carlos@inta.gob.ar

**Palabras clave:** descenso térmico, régimen agroclimático, cultivos hortícolas

## INTRODUCCIÓN

A pesar de los impresionantes avances tecnológicos en el campo de la agricultura en las últimas décadas, la producción agrícola continúa dependiendo de la meteorología y del clima. En ese sentido las heladas toman relevancia como una de las adversidades climáticas más importantes dado que provocan grandes daños en la producción agropecuaria, dependiendo de su intensidad, el momento de ocurrencia y el estado de desarrollo de los cultivos. A nivel regional se consideran las características agroclimáticas y dentro de ellas, el régimen de heladas es importante por su incidencia directa en la manifestación productiva de los cultivos en diferentes aéreas agrícolas, especialmente en las latitudes medias (Pascare y Damario, 2004). La agrometeorología moderna asegura que los investigadores, planificadores, y agricultores dispongan de datos, herramientas y del conocimiento necesario para enfrentarse a los problemas de la producción. En Argentina se han destacado los estudios de Damario *et al.*, (1996), quienes realizaron las cartas climáticas de fecha de primera y última helada para el periodo 1961-1990; Burgos (1963) publicó su libro “Las heladas en la Argentina”, de reciente reedición. Otros autores han realizado análisis de diferentes localidades del país; García, *et al.*, (2015); Casagrande *et al.*, (2006), Martínez, *et al.*, (2016). Una helada meteorológica (HM) se produce, cuando la temperatura mínima es igual o inferior a 0,0°C en abrigo meteorológico a 1,50 m de altura independientemente de su duración e intensidad (Fernández Long *et al.*, 2005). Sin embargo, en los cultivos de bajo porte como las hortalizas de hoja, los registros actinotérmicos a nivel del suelo, resultan más relevantes. Muchas de estas hortalizas se cultivan a campo y bajo invernadero durante el invierno, de allí que las heladas agrometeorológicas focalizan su interés en los valores térmicos alcanzados, y en el conocimiento de las fechas de ocurrencia por rangos de temperatura (Martínez, *et al.*, 2016).

Los cultivos hortícolas son clasificados como ligeramente resistentes a las heladas (sensibles a enfriamientos hasta - 5 °C), y dentro de la gran gama de especies que componen a este tipo de producción, los pimientos, tomates, berenjenas, lechugas, pepinos y batatas, son las que presentan mayor susceptibilidad sufriendo daños con valores de entre 0 y - 1 °C. Por otro lado, durante la germinación, cultivos como zanahoria, remolachas o nabos pueden alcanzar resistencia de - 6 a - 7 °C (FAO, 2010).

En el Noreste de la provincia de Buenos Aires, la concentración de productores hortícolas se ubica en Zárate, San Nicolás y Baradero. En dicha región, la ocurrencia de heladas invernales y primaverales puede producir daños en los cultivos durante sus primeros estadios de crecimiento o bien en las hortalizas de hoja. El objetivo de este trabajo fue analizar la intensidad y la época de ocurrencia de las heladas agrometeorológicas (HA) (fuera de abrigo meteorológico y a 5 cm de altura) por rangos de temperatura en la región de San Pedro, Provincia de Buenos Aires.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se consideraron los registros diarios de temperaturas mínimas fuera del abrigo meteorológico del período 1967-2017 de la EEA San Pedro del INTA (Latitud 33° 41' S y Longitud 59° 41' W.G.) (Zaneck, *et al.*, 2015). De acuerdo al análisis de las series estadísticas utilizadas y a la susceptibilidad de las especies hortícolas se clasificaron las heladas en cuatro rangos de temperatura mínima: de 0 °C a -2.9 °C (Suaves); de -3.0 °C a -5.9 °C (Moderadas); -6.0 °C a -8.9 °C (Intensas) y de -9.0 °C o inferior (Severas). Para cada rango de temperaturas se obtuvieron las fechas medias de primera y última helada, se calcularon los desvíos estándar y se determinó el porcentaje en años de ocurrencia en relación al total de la serie considerada

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El régimen de heladas estudiadas nos indica que las mismas comienzan hacia fines de otoño y se extienden hasta fines del invierno para los rangos considerados. En la Tabla 1 se observa que, las heladas de intensidad suave, tienen como fecha media de primera helada el 1 de Mayo, mientras que para heladas moderadas, intensas y severas, las fechas medias son el 27 de Mayo, 24 de Junio y 3 de Julio, respectivamente. Por otro lado, los primeros dos rangos considerados (suaves y moderadas) ocurrieron en el 100 % de los años de la serie, mientras que las heladas intensas se presentaron en el 80 % de los años. En particular, las heladas severas tienen como fecha extrema de ocurrencia el 13 de Junio y un desvío de 27 días y únicamente se produjeron en el 25% de los

años de la serie considerada. Del análisis se desprende que el grado de severidad podría afectar a las hortalizas según categorías de susceptibilidad a la congelación, siendo coincidente con las heladas suaves, el grado de resistencia a los valores de temperaturas mínimas (-0,2 a -0,8 °C) de cultivos como apio, espinaca, lechuga, arvejas y alcauciles (Wang y Wallace, 2003).

**Tabla 1:** Análisis de las fechas medias de primera HM por rangos de temperatura, desvío estándar y porcentaje de años de helada

	Rangos de temperatura de la Primera HA			
	0 a -2,9 °C	-3,0 a -5,9 °C	-6,0 a -8,9 °C	-9,0 °C ó inferior
Fecha media	01-may	27-May	24-jun	03-jul
Desvío estándar	± 16	± 22	± 29	± 27
Fecha extrema	04-abr	01-may	15-may	13-jun
% años con helada	100	100	80	25

**Tabla 2:** Análisis de las fechas medias de última HA por rangos de temperatura y desvío estándar correspondiente.

	Rangos de temperatura de la última HA			
	0 a -2,9 °C	-3,0 a -5,9 °C	-6,0 a -8,9 °C	-9,0 °C ó inferior
Fecha media	06-oct	09-sep	07-ago	22-jul
Desvío estándar	± 24	± 27	± 27	± 29
Fecha extrema	30-nov	15-nov	08-sep	27-ago

Las fechas medias de la última helada, en los rangos de temperaturas considerados, son el 6 de octubre, 9 de setiembre, 7 de agosto y 22 de julio para las intensidades suaves, moderadas, intensas y severas, respectivamente (Tabla 2). En la serie de datos considerada, la fecha extrema de última helada es el 30 de noviembre en el 100% de los años, con rangos térmicos de severidad suave (0 a -2,9 °C), límites aptos para las hortalizas de bajo porte en la zona de influencia. Estos resultados amplían la información encontrada por Martínez, *et al.*, 2016, para rangos de temperatura en Abrigo Meteorológico, brindando datos más ajustados de exposición a temperaturas mínimas para este tipo de cultivos.

## CONCLUSIONES

Analizados los rangos de temperaturas y calculadas las fechas extremas tanto para la primera como última helada agrometeorológica a 0,05 m y los desvíos, se observó que el 100% de los años en valores de 0,0 a -2,9 °C, no permitiría la producción a campo de hortalizas entre el 1 de mayo y el 6 de octubre. Este análisis por rangos de temperaturas podría compararse con lo encontrado por García, *et al.*, 2015, en relación a la peligrosidad que coincidía con los estados fenológicos de máxima sensibilidad, no obstante en San Pedro, el análisis de los datos a 0,05 m del suelo (HA) resultaron promisorios, especialmente cuando se considera realizar el cultivo de especies de bajo porte (hortalizas), con baja tolerancia a heladas (entre -0,2 a -0,8°C) tales como apio, espinaca, lechuga, arvejas y alcauciles.

## REFERENCIAS

- Burgos J.J. 1963. Las heladas en Argentina. INTA Colección Científica. Buenos Aires. 388 p.
- Casagrande, G.A.; Vergara, G.T.; Bellini, Y. 2006. Cartas agroclimáticas de temperaturas, heladas y lluvias de la provincia de La Pampa (Argentina) *Rev.Fac.Agr. UNLPam.* 17(1-2):15-22.
- Damario E.A.; Pascale, A.J.; Perez, S.; Maio, S.; Rodríguez, R.O. 1996. Cartas climáticas 1961-1990 de primeras y últimas heladas en la Argentina. *Rev.Fac.Agr.UBA* 16(3): 253-263.
- FAO. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía. Roma, FAO, Vol. 1. ISBN: 978-92-5-306504-2. [En Línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s.pdf> (última visita: 13/06/2018)
- Fernández Long M.E., Barnatan, I.; Spescha, L.; Hurtado, R.; Murphy, G. 2005. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. CONGREMETIX. Buenos Aires. Argentina. 110p
- García F., Sostillo, C.; Casagrande, G.; Vergara, G. 2015. Caracterización del régimen de heladas en Anguil, Pcia de la Pampa (Argentina). *Semiárida revista de la Fac de Agro de la UNLPampa*. vol 25(1). 17-23.
- Martínez S.B.; Zaneck, C.; Masi, M.A. 2016. Rangos de temperatura de heladas en abrigo meteorológico en San Pedro, Provincia de Bs. As. (Argentina). XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamérica de Agrometeorología. Puerto Madryn, Chubut. Argentina. Actas.
- Pascale A.J.; Damario E.A. 2004. Bioclimatología Agrícola y agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía – UBA. 550 pp.
- Wang, C.Y. y Wallace, H.A. 2003. Chilling and freezing injury. In: K.C Gross, C.Y. Wang and M. Saltveit (eds). *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. USDA Handbook Number, No. 66. See: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/index.html> (downloaded 8 November 2002).
- Zaneck, C. T.; Delprino, M. R.; Francescangeli, N.; Uviedo, R. 2015. 50 años de estadísticas agroclimáticas en la Estación Experimental Agropecuaria INTA San Pedro (1965-2014). San Pedro, Ediciones INTA, 2015. Ebook. ISBN: 978-987-521-604-4 [en línea]. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/50-anos-de-estadisticas-climaticas-6/>

# HELADAS TARDÍAS EN MENDOZA QUE AFECTARON A LA VID

Bonel, N.S.<sup>1\*</sup>; González Morinigo, E.C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Dorrego 4019, CABA (C1425GBE), Argentina

\*Contacto: nbonel@smn.gov.ar

**Palabras clave:** temperatura mínima; emergencia agropecuaria

## INTRODUCCIÓN

La vid es un cultivo de climas templados, con inviernos bien marcados y veranos largos, calurosos y secos. En el continente americano el principal productor de este cultivo es Argentina, desde Salta (22°S) hasta Río Negro (41°S) y desde la cordillera hasta el río de la Plata, siendo la principal provincia productora Mendoza (Lanzarini y Mangione, 2009). Las uvas son dañadas con frecuencia por las heladas primaverales. Tanto las hojas, como flores y pequeñas bayas pueden ser afectadas (Snyder, 2010). Las temperaturas críticas varían según la especie y fase fenológica (Krewer, 1988), en general las uvas resisten temperaturas inferiores a -2°C. En este trabajo se estudiaron las declaraciones de emergencias agropecuarias de Mendoza debidas principalmente a heladas, con el fin de analizar las zonas más vulnerables; y luego, las temperaturas a 150 cm del suelo y cerca de la superficie en 2 estaciones meteorológicas para explorar la relación entre ambas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos meteorológicos corresponden a las estaciones de la red de medición del Servicio Meteorológico Nacional (SMN): Mendoza Observatorio (32.9°S, 68.9°O) y San Rafael Aero (34.6°S, 68.4°O). Se utilizaron datos diarios de temperatura a 5 cm del suelo medidos a las 9 HOA (Hora Oficial Argentina) en el período 1959-2001 para Mendoza Observatorio y 1959-1990 para San Rafael, se obtuvieron los valores medios mensuales. Con los datos de temperatura mínima diaria medida en el abrigo meteorológico, se calculó la media mensual en el período 1961-2016. Los criterios con respecto a datos faltantes fueron: hasta 7 días sin datos en el mes; y con respecto a los valores mensuales, se permitieron hasta 3 años consecutivos sin dato o un máximo del 33% de datos faltantes en toda la serie.

La información referida a emergencias agropecuarias (EA) se obtuvo a partir de los informes que el Servicio Meteorológico Nacional elabora para la Comisión Nacional para la Prevención y Mitigación de Emergencias y Desastres Agropecuarios (ley 26.509) del Ministerio de Agroindustria de la Nación. Se recopilaban las EA declaradas para la provincia de Mendoza del 2000 al 2017. Se calcularon las frecuencias de ocurrencia por fenómeno (granizo, heladas, sequía, otros), por cultivo afectado (vid, frutales, hortalizas, olivos), por campaña y por departamento. En este trabajo los resultados presentados corresponden a las EA declaradas para Mendoza por el fenómeno de heladas que dañaron a la producción vitícola.

Por otra parte, se utilizaron datos de porcentaje de superficie con cultivo de vid afectado por los fenómenos de: lluvia, granizo y heladas, para la última campaña 2016/2017, la fuente de los datos es la Dirección de Agricultura y Contingencias Climáticas de Mendoza (DACC).

En referencia a las fechas de heladas tardías correspondientes a las EA, se estudió la ocurrida el 06/09/2016 (en una ventana de 3 días) con datos de temperatura horaria a 150 cm para Mendoza Observatorio (excepto las horas 1, 2, 4 y 5) y San Rafael, además para la primera, se contó con la temperatura diaria a 5 cm del suelo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tanto la temperatura mínima media como la temperatura media a 5 cm. del suelo de septiembre son menores en la estación meteorológica San Rafael que en Mendoza Obs. (Tabla 1).

**Tabla 1.** Temperatura Media Mínima y a 5 cm del suelo de Mendoza Observatorio y San Rafael.

		ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
MENDOZA OBS.	Temp. Med. 5 cm del Suelo (°C) 1959 - 2001	15.1	13.9	12.1	7.9	3.8	0.4	-0.2	1.4	3.9	7.7	10.8	13.9
	Temp. Mínima Med. (°C) 1961 - 2016	18.3	17.0	14.9	11.0	7.2	3.8	3.2	5.0	7.5	11.3	14.4	17.2
SAN RAFAEL	Temp. Med. 5 cm del Suelo (°C) 1959 - 1990	13.8	13.0	10.7	7.1	3.2	-0.2	-0.6	0.5	3.0	6.6	9.8	12.5
	Temp. Mínima Med. (°C) 1961 - 2016	15.3	14.3	12.4	8.5	5.0	1.8	0.9	2.2	4.7	8.1	11.2	13.9

Octubre es el mes con más decretos por heladas (4), le siguen septiembre y noviembre con 3 decretos cada uno. Los departamentos con mayor frecuencia de emergencias por heladas son: San Rafael (10 decretos), General Alvear (9), Maipú, San Martín y Santa Rosa (8).

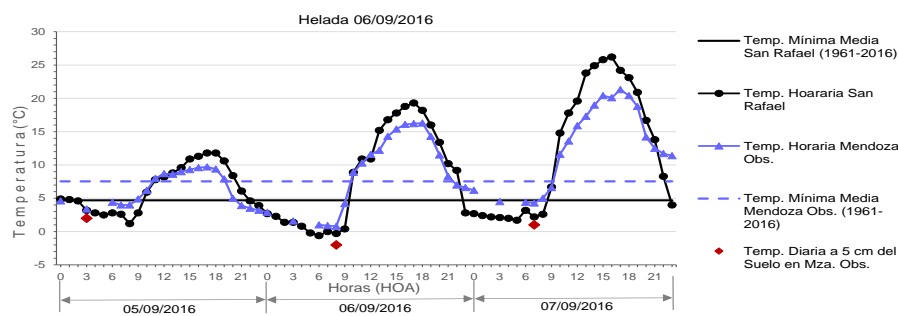
En la campaña 2001/2002 los decretos declarados fueron por granizo e incendios, en 2004/2005 por granizo, en 2008/2009 por granizo, sequía y heladas que perjudicaron sólo a los frutales, en 2009/2010 y 2011/2012 por

sequía y granizo, en 2012/2013 por granizo y viento fuerte, y en 2013/2014 por granizo y heladas que dañaron a frutales y olivos. En la Tabla 2 se muestran sólo las últimas 5 campañas y se observa que las heladas que afectaron la mayor cantidad de departamentos (15) ocurrieron el 9/11/10 y el 6/9/16. En esta última helada la vid estaba iniciando la brotación, por lo que la producción de la campaña 2016/2017 mermó.

**Tabla 2.** Decretos de emergencia agropecuaria por heladas declarados en las últimas 5 campañas en Mendoza.

Campaña	2007/2008		2010/2011		2014/2015		2015/2016		2016/2017	
Cantidad de decretos	1		1		1		1		1	
Cantidad de eventos	1		3		4		2		3	
Fecha del evento y n° de departamentos afectados	sin especificar	14	9/11/2010	15	26/9/2014	10	11/9/2015	9	6/9/2016	15
			30/10/2010	10	3/11/2014	9	12/10/2015	12	21/10/2016	7
			sin especificar	1	1/12/2014	2			2/11/2016	9
					11/12/2014	1				

Para esta helada (06/09/2016) tardía se analiza (Figura 1) la marcha horaria de temperatura medida en el abrigo meteorológico (150 cm del suelo) del 5 al 7 de septiembre en ambas estaciones meteorológicas. Se puede observar que las mínimas y máximas para esos días son más marcadas en San Rafael, así como también que el día 6 las temperaturas alcanzaron los valores más bajos en las dos estaciones estudiadas, registrando un mínimo de  $-0.6^{\circ}\text{C}$  a las 6 horas en San Rafael y uno de  $0.8^{\circ}\text{C}$  a las 8 horas en Mza. Obs. Se puede destacar además, que en San Rafael las temperaturas fueron iguales o inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$  desde las 5 a las 8 horas, y que en Mza. Obs., donde se cuenta con el dato diario de temperatura a 5 cm del suelo, la diferencia con la mínima horaria es de  $1.2^{\circ}\text{C}$ , por lo que en zonas cercanas al suelo, los cultivos estuvieron expuestos a temperaturas inferiores a  $0^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 1.** Temperaturas para los días 5, 6 y 7 de septiembre del 2016 en Mendoza Observatorio y en San Rafael

## CONCLUSIONES

Según las emergencias agropecuarias declaradas desde el 2000 hasta el 2017, el fenómeno que más afectó al cultivo de la vid en Mendoza fue el granizo (54%) y en segundo lugar las heladas (24%). Según la DACC, en la última campaña vitícola 2016/2017, del total de superficie con vid afectada por algún fenómeno climático, más del 60% correspondió a heladas.

Los departamentos más vulnerables a las heladas son San Rafael, General Alvear, Maipú, San Martín y Santa Rosa, y puesto que las heladas primaverales son las que afectan más a la vid, en el período estudiado, se destaca octubre como el mes con mayor cantidad de decretos otorgados.

Al analizar la helada de mayor magnitud de la última campaña, se evidencia la importancia de conocer las temperaturas en las zonas cercanas a la superficie y a la altura del abrigo meteorológico, región en la cual se desarrolla mayormente el cultivo de estudio, ya que el gradiente entre estas dos temperaturas puede ser de  $3.6^{\circ}\text{C}$  si tomamos los valores medios de dichas variables, o de  $1.2^{\circ}\text{C}$ , como ocurrió en el caso de Mendoza Obs., y sin embargo tener gran impacto en la producción de la vid.

## REFERENCIAS

- Krewer, G. 1988. Commodity information – Small Fruit pp. 2–13, in: J.D. Gibson (ed). Cold Weather and Horticultural Crops in Georgia; Effects and Protective Measures. Extension Horticulture Department, University of Georgia, Publication No. 286.
- Lanzarini, J.; Mangione J. 2009. La cultura de la vid y el vino. Fondo vitivinícola de Mendoza. Mendoza, Argentina. 190 p.
- Snyder, R. L.; de Melo-Abreu J. P. 2010. Protección contra las heladas: fundamentos, práctica y economía vol. 1. FAO. Roma, Italia.



# RELACIÓN ESTADÍSTICA ENTRE HELADAS METEOROLÓGICAS Y AGROMETEOROLÓGICAS EN ZAVALLA, SUR DE SANTA FE

Barbero, S.<sup>1</sup>; Costanzo, M.<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Ing. Agronómica. Fac. Cs Agrarias, UNR, Campo experimental Villarino, Zavalla, CP 2123, Argentina

<sup>2</sup> Cátedra de Climatología Agrícola, Fac. de Cs Agrarias, UNR

\*Contacto: martacostanzo@yahoo.com.ar

**Palabras clave:** temperaturas mínimas; estimación lineal

## INTRODUCCIÓN

Las heladas constituyen una adversidad climática de importancia pues afectan negativamente a la producción agropecuaria; es por eso que conocer el régimen de heladas local es importante para la toma de decisiones o planificar métodos de protección contra heladas. Se define como helada meteorológica al descenso de temperatura mínima diaria a un valor  $\leq 0^{\circ}\text{C}$  medida en abrigo meteorológico (1,50m) y como helada agrometeorológica si ese descenso ocurre a 0,05m sobre el suelo (Burgos, 1963; Mancini *et al.*, 2006). En todas las estaciones meteorológicas convencionales se dispone de al menos un termómetro de mínima en el abrigo, pero es menos frecuente contar con un mástil de mínimas que midan durante la noche las temperaturas mínimas nocturnas. El objetivo de este trabajo fue determinar el grado de relación existente entre las temperaturas medidas a 0,05m y en abrigo en la Estación Agrometeorológica de Zavalla, provincia de Santa Fe, con el fin de poder analizar la posibilidad de usar la temperatura mínima en abrigo como predictor de la ocurrencia de heladas a nivel de 0.05m.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La información fue obtenida de la Estación Agrometeorológica Convencional de Zavalla ( $33^{\circ}01'\text{S}$ ;  $60^{\circ}53'\text{W}$ ; 50m), que corresponde a datos diarios de temperatura mínima del aire en 2 niveles, en abrigo meteorológico ( $T_{\text{mín}}$ ) y a 0,05m de altura sobre el suelo ( $T_{5\text{cm}}$ ); medidos con termómetros de mínima de alcohol en vidrio. La serie analizada comprendió el periodo 1989 a 2004, años en los cuales se contaba con la serie más completa en ambos niveles de medición. Se descartaron las fechas en las cuales faltase al menos una de las dos temperaturas, por lo que el número de datos es de 5.834.

Se calcularon las fechas medias de primera ( $\text{FM1}^{\text{a}}\text{H}$ ) y de última helada ( $\text{FMUH}$ ), periodo con heladas ( $\text{PCH}$ ) y periodo libre de heladas ( $\text{PLH}$ ), tanto meteorológicas como agrometeorológicas. Para obtener las fechas medias mencionadas, se registraron en cada año, la primera y última temperatura mínima menor o igual a  $0^{\circ}\text{C}$  en su correspondiente altura. Luego se estudiaron las 4 series mediante estadística descriptiva.

Con la serie de años 1989-2000, se calculó el grado de correlación entre las  $T_{\text{mín}}$  y  $T_{5\text{cm}}$  con el coeficiente de Spearman (InfoStat, 2014); se hicieron gráficos de dispersión y se obtuvo la recta de regresión entre ambas y el  $R^2$  correspondiente. Para los años 2001-2004 (1462 datos) se contaron la cantidad de heladas agrometeorológicas ocurridas. Para el mismo período, se estimaron las temperaturas a 0,05m ( $T_{\text{est}}$ ) a partir de la recta de regresión entre  $T_{\text{mín}}$  y  $T_{5\text{cm}}$  y se desglosó en casos bien estimados ( $T_{\text{est}} \leq 0^{\circ}$  cuando  $T_{5\text{cm}} \leq 0^{\circ}$ ) y mal estimados ( $T_{\text{est}} > 0^{\circ}$  cuando  $T_{5\text{cm}} \leq 0^{\circ}$ ). Trabajando con los casos bien estimados, se calculó las diferencias entre  $T_{\text{est}}$  y  $T_{5\text{cm}}$  a las cuales se caracterizó mediante estadística descriptiva para determinar el grado de precisión de la estimación.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestran las  $\text{FM1}^{\text{a}}\text{H}$ ,  $\text{FMUH}$ ,  $\text{PCH}$  y  $\text{PLH}$  meteorológicas y agrometeorológicas. El  $\text{PCH}$  agrometeorológicas es mayor al  $\text{PCH}$  meteorológicas, ya que en superficie se presentan más heladas por enfriamiento radiativo nocturno de la superficie. El coeficiente de variación para las heladas agrometeorológicas es mayor que el correspondiente a las meteorológicas.

**Tabla 1.**  $\text{FM1}^{\text{a}}\text{H}$ ,  $\text{FMUH}$ ,  $\text{PCH}$  y  $\text{PLH}$  para el período 1989-2004.

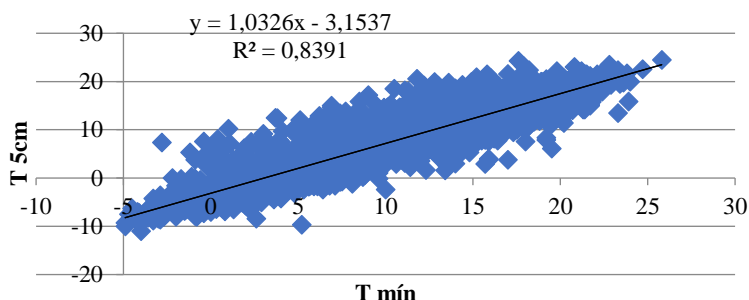
	HELADAS METEOROLÓGICAS				HELADAS AGROMETEOROLÓGICAS			
	$\text{FM1}^{\text{a}}\text{H}$	$\text{FMUH}$	$\text{PCH}$	$\text{PLH}$	$\text{FM1}^{\text{a}}\text{H}$	$\text{FMUH}$	$\text{PCH}$	$\text{PLH}$
Promedio	08-jun	01-set	85	280	28-abr	21-oct	176	189
DS	20,1	16,7	17,8	17,8	16,3	22,5	30,3	30,3
CV %	12,6	6,9	20,9	6,4	13,9	7,7	17,2	16

(DS=desvío estándar; CV= coeficiente de variación)

La correlación entre  $T_{\text{mín}}$  y  $T_{5\text{cm}}$  fue de 0,916. La regresión lineal obtenida entre  $T_{\text{mín}}$  y  $T_{5\text{cm}}$  fue:

$$y = 1,0326x - 3,1537 \quad (1)$$

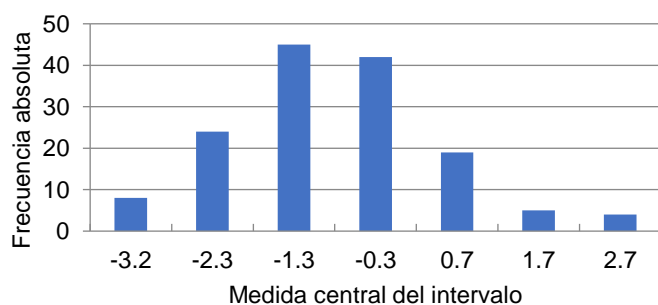
con  $R^2=0,8391$ ;  $p=0,05$ . En la Figura 1 se muestra el gráfico de dispersión correspondiente. El valor de la ordenada al origen muestra que, en promedio, cuando la  $T_{\min}$  en abrigo alcanza  $0^\circ\text{C}$  la  $T_{5\text{cm}}$  es  $-3,15^\circ\text{C}$ . El valor obtenido coincide con lo planteado por J. Hirschhorn 1958, quien sostiene que cuando se registran  $3^\circ\text{C}$  en el abrigo, la temperatura puede alcanzar el nivel de  $0^\circ\text{C}$  en superficie (citado por García *et al.*, 2008). Para el sur de la provincia de Buenos Aires Véliz *et al.*, (2012), encontraron valores de ordenada al origen entre  $-4,5$  y  $-1,3^\circ\text{C}$ , siendo la mayor diferencia en las localidades ubicadas más al oeste.



**Figura 1.** Gráfico de dispersión entre  $T_{\min}$  y  $T_{5\text{cm}}$  con la recta de regresión lineal y  $R^2$

De los 213 casos en que ocurrieron heladas agrometeorológicas para las series 2001-2004, se determinó que 147 corresponden a la categoría bien estimados (69%) y 66 no detectados (31%).

Para los casos bien estimados, se analizaron las diferencias entre  $T_{\text{est}} - T_{5\text{cm}}$  donde los valores negativos subestiman en un 78% mientras que los valores positivos sobreestiman en un 22%. El valor promedio de las diferencias fue  $-0,8^\circ\text{C}$ , desvío  $1,3^\circ\text{C}$ , máximo  $3,2^\circ\text{C}$ , mínimo  $-3,7^\circ\text{C}$ . En la Figura 2 se presenta el histograma de frecuencias donde se observa que de los 147 casos con heladas bien estimadas hay 111 casos con una diferencia que está en el rango de  $-2,74$  a  $0,22^\circ\text{C}$  representando el 75,5%.



**Figura 2.** Histograma de frecuencias absolutas de las diferencias entre  $T_{\text{est}}$  y  $T_{5\text{cm}}$

## CONCLUSIONES

Se considera que las temperaturas mínimas medidas en abrigo constituyen un estimador aceptable de la ocurrencia de heladas agrometeorológicas en Zavalla. Por otro lado, que sea un buen estimador del evento no implica que pueda predecir la intensidad de las heladas agrometeorológicas en la misma proporción.

## REFERENCIAS

- Burgos, J.J. 1963. Las heladas en la Argentina. INTA. Colección Científica, 388 pág. Bs As, Argentina.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; González, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat v. 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL: <http://www.infostat.com.ar> Consultado 28/05/2018.
- García, M.S.; Leva, P.; Valtorta, S. 2008. Caracterización del régimen agroclimático de heladas para la provincia de Santa Fe durante el periodo 1979-2004. Revista. Facultad de Agronomía UBA, 28(1): 53-62.
- Mancini, M.; Coronel, A.; Sacchi, O. y Costanzo, M. 2006. Las heladas en Zavalla: ¿sufrieron modificaciones en los últimos años? Revista. Agromensajes de la Facultad, n° 20. Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, año 8, n°20, pp. 31-32.
- Veliz, A.; Fernández Long, M.E.; Hurtado R.H.; Spescha, L. 2012. Diferencias entre temperaturas mínimas en abrigo y a nivel del suelo en el sur de Buenos Aires. RADA, 2012, Malargüe, Argentina.

# RIESGO DE EROSIÓN DE LAS PRECIPITACIONES EN LA REGIÓN PAMPEANA ARGENTINA

Rodríguez, D.A.<sup>1\*</sup>; Antonelli, M.N.<sup>1</sup>; Dumas, J.M.<sup>1</sup> (ex aequo); Dickie, M.J.<sup>1</sup>; Fernández, E.<sup>1</sup>; Coronel, A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, UNR, Campo Experimental Villarino, Zavalla, CC14 2125, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Ciencias Agrarias de Rosario (UNR-CONICET), Campo Exp. Villarino, Zavalla,, Argentina<sup>a</sup>

\*Contacto: diego.r\_20@hotmail.com

**Palabras clave:** Índice de Fournier modificado; Índice de concentración de las precipitaciones; Índice de erosividad total

## INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica se define como la pérdida progresiva de los componentes del suelo, como consecuencia de la dispersión de los agregados, los cuales son arrastrados por el agua hasta lugares más bajos, contribuyendo a la degradación del suelo y a la pérdida de su fertilidad (Hubert, 1983). Con el fin de predecir los niveles de erosión se han desarrollado numerosos modelos, entre ellos está la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), que es la más utilizada en el ámbito mundial. La aplicación de este modelo se encuentra limitada en muchos casos debido a la información disponible para su evaluación, ya que los datos se obtienen de pluviogramas de registro diario en los que se pueden identificar períodos continuos de treinta minutos. Sin embargo, en muchos países, los registros de lluvia a partir de pluviogramas son escasos, por tal razón, diversos autores han intentado relacionar dicho factor con parámetros más fáciles de obtener y calcular a partir de registros pluviométricos. Entre las metodologías más conocidas, se encuentran el Índice de Fournier (IF), el Índice de Fournier Modificado (IFM) (Arnouldus, 1978) y el Índice de Concentración de las Precipitaciones (ICP) (Oliver, 1980). El objetivo de este estudio es analizar el poder erosivo de las precipitaciones en la región pampeana a través del IFM, la concentración de las precipitaciones (P) mediante el ICP y la relación entre ambos índices con el Índice de erosividad total (IET) (Vega y Febles, 2008).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron las series de P mensuales de 36 estaciones meteorológicas de la red del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y del Instituto de Tecnología Agropecuaria (INTA), correspondientes a las provincias de Córdoba, Santa Fe, Entre Ríos, Buenos Aires, Corrientes y La Pampa, para el período 1973-2008.

Se procedió a determinar la estacionalidad de las precipitaciones y su riesgo erosivo calculando ICP (ecuación 1) y el IFM (ecuación 2), respectivamente, para cada año de la serie de cada localidad. A partir del promedio de los índices de cada año se obtuvo el ICP y el IFM de todo el período para cada estación de la región. El IFM evalúa directamente la agresividad de las P pero su efecto es diferente en dependencia de la forma en que la actividad pluvial se distribuye a lo largo del año, información que aporta el ICP, la combinación de ambos genera el IET, expresado en la ecuación (3).

Mediante el uso del software ArcMap 10.5 se realizó el mapeo de los índices calculados mediante interpolación de kriging, empleando un modelo de semivariograma exponencial.

$$ICP = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{P^2} \quad (1) \quad IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P} \quad (2) \quad IET = IFM \times ICP \quad (3)$$

Donde,  $P_i$ : precipitación mensual;  $P$ : precipitación anual

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra la distribución de los tres índices en la región pampeana. Los valores de ICP de las localidades corresponden a la categoría de estacionalidad moderada (valores entre 11 y 16), con la excepción de las estaciones Villa Dolores (Córdoba) y Ceres (Santa Fe) cuyos ICP se ubican en la clasificación estacional (valores entre 16 y 20). En cuanto a los IFM, el 68% de las localidades corresponden a la categoría potencial erosivo alto (120-160) y un 7% con potencial erosivo muy alto (mayor a 160). El ICP (Figura 1(a)) aumenta de este a oeste, con los mayores valores concentrados en el NO de la región analizada. Esta región que comprende el NO de Córdoba, muestra una alta concentración de P en los meses cálidos, cuya humedad proviene del Norte y NW (Pantanal), originariamente es agua evaporada en el Atlántico Norte que penetra al continente por las Guayanas y el norte de Brasil, defleca al sur en los Andes Tropicales y en verano ingresa (algunas veces) a la región argentina adyacente a los Andes, asociada a la circulación del jet de capas bajas de Sudamérica (Marengo *et al.*, 2004). En el resto del área analizada el principal origen de las P es la actividad frontal por la convergencia de masas de aire tropical marítimo provenientes del anticiclón semipermanente del Atlántico Sur, y las de aire más frío y seco, que provienen del Pacífico Sur (Faroni *et al.*, 2006), concentrándose las P en el semestre cálido, pero con P importantes en el semestre frío.

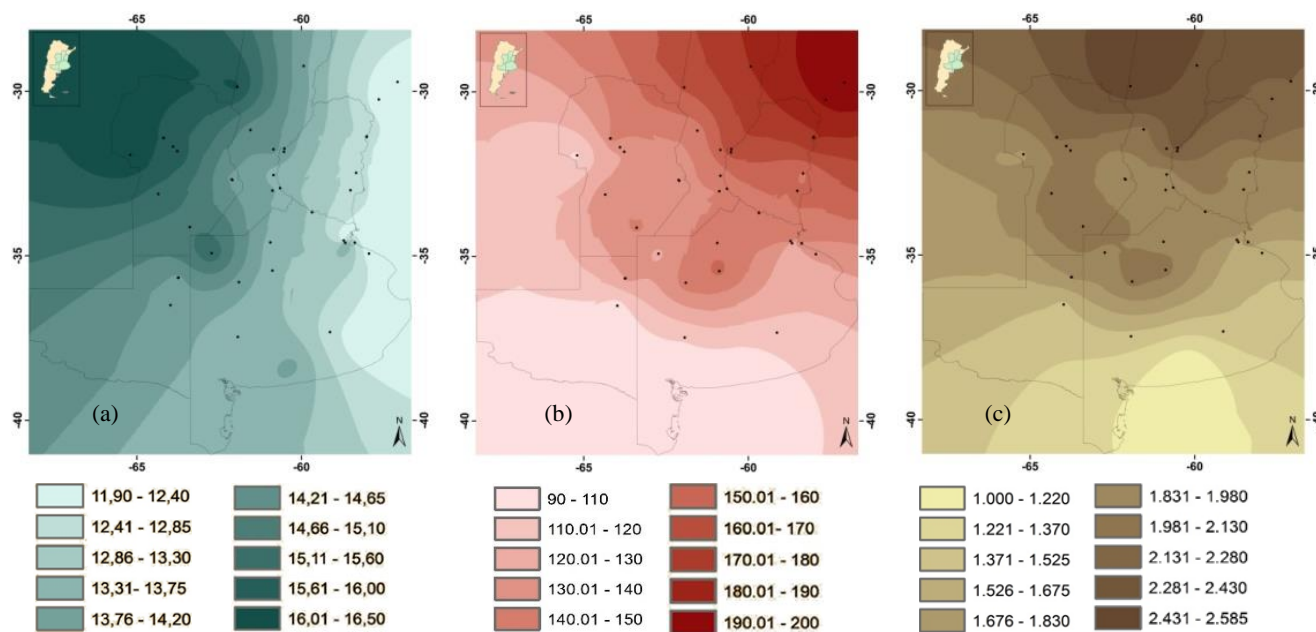
La agresividad de las P representada por el IFM (Figura 1(b)) presenta sus mayores valores en el NE de la región.



En la distribución de IET (Figura 1(c)) se observa que las localidades del sur de la provincia de Buenos Aires presentan baja erosividad (<1500), mientras que el resto de las estaciones se caracterizan por erosividad total moderada (1500 a 2500), con la excepción de la localidad de Ceres (Santa Fe) en la que ocurre erosividad total alta (2500 a 5000).

Teniendo en cuenta tanto la agresividad de las P como su concentración en el año, la región pampeana presenta riesgo erosivo hídrico de moderado a alto, disminuyendo de norte a sur, con algunas zonas significativas a lo largo de la provincia de Córdoba y NO de Buenos Aires.

A fin de evitar procesos degradativos irreversibles, además de los valores más elevados de IFM y moderados a altos de IET que representan la agresividad de las P, se deben tener en cuenta las propiedades físicas y físico-químicas de los suelos, siendo las más significativas la textura y estructura, análisis que excede al objetivo de este trabajo.



**Figura 1:** Índice de estacionalidad de las precipitaciones (a), Índice de Fournier modificado (b), Índice de erosividad total (c), en la región pampeana para el período 1973-2008.

## CONCLUSIONES

Los índices analizados son buenos indicadores del poder erosivo de las P en la región pampeana, mostrando un riesgo erosivo hídrico de moderado a alto, disminuyendo de norte a sur, con algunas zonas significativas a lo largo de la provincia de Córdoba y NO de Buenos Aires.

La erosión hídrica es un proceso complejo que produce la desagregación de las partículas del suelo afectando directamente la estructura del mismo, siendo el horizonte superficial el más vulnerado. La agresividad de las P y su distribución a lo largo del año es la principal causa, pero además debemos considerar las características intrínsecas de cada suelo como así también su topografía, la vegetación que se encuentra en el lugar, la cobertura del suelo, entre otros. Considerando todos los factores mencionados, se debe realizar un uso adecuado del recurso suelo ejecutando prácticas de manejo tendientes a preservar la capacidad productiva de los mismos y de esta manera contribuir a su sustentabilidad.

## REFERENCIAS

- Arnoldus, H.M. 1978. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. De Boodst M. Y Gabriels D.(eds). Assessment of erosion: 127-132.
- Faroni, A.; Hurtado, R.; Barnatán, I.; Carnelos, D.; Murphy, G.; Maio, S. 2006. Régimen e índice de estacionalidad de las precipitaciones para la Argentina (1971-2000). En: RADA, 2006, La Plata, Argentina.
- Hubert, W.K. 1983. Mantengamos viva la tierra: causas y remedio de la erosión de suelo. FAO 50. Roma, Italia. 77 p.
- Marengo, J.; Soares, W.; Saulo, C.; Nicolini M. 2004. Climatology of the Low-Level Jet east of the Andes as derived from the NCEP-NCAR reanalyses: characteristics and temporal variability. Journal of Climate 17(12): 2261-2280.
- Oliver, J.E. 1980. Monthly precipitation distribution: a comparative index. Prof. Geographer 32(3):300-309.
- Vega, M. B.; Flebes, J. M. 2008. La agresividad de la lluvia en áreas rurales de la provincia de La Habana como factor de presión en la sostenibilidad agroambiental. En: II Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos, Sostenibilidad e Indicadores, Almería, España.

# ANÁLISIS DEL PATRÓN DE PRECIPITACIÓN DURANTE EL EVENTO LA NIÑA EN SAN LUIS

González Morinigo, E.C.<sup>1\*</sup>; Bonel, N.S.<sup>1</sup>; Stella, J.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio Meteorológico Nacional, Dorrego 4019, CABA (C1425GBE), Argentina

\*Contacto: cgonzalez@smn.gov.ar

**Palabras clave:** sequía; IPE; anomalía de lluvia

## INTRODUCCIÓN

Durante el pasado semestre octubre-marzo las precipitaciones en gran parte del centro del país, fueron escasas. A esto se le sumaron las altas temperaturas durante el verano que indujeron a un incremento de la sequía la cual resultó extrema en algunas zonas.

Un evento “La Niña” (fase fría del fenómeno ENSO) se relaciona en nuestro país con menores precipitaciones y temperaturas superiores a lo normal en la región central y noreste (Fuente: NOAA, SMN). La sequía que estudiamos estuvo influenciada por el establecimiento de esta fase fría que comenzó tardíamente alcanzando su pico máximo en el verano austral, y que además resultó débil en intensidad y de corta duración. También, otros forzantes contribuyeron a inhibir las lluvias en el área central del país, como la Oscilación Antártica (AAO) (Thompson y Wallace, 2000; Silvestri y Vera, 2003). Este indicador se mantuvo en su fase positiva la mayor parte del semestre, dando lugar a condiciones atmosféricas estables. Asimismo, en enero y febrero, la zona tropical estuvo influenciada por un evento climático llamado Oscilación de Madden-Julian, el cual generó condiciones desfavorables para el desarrollo de precipitaciones en el Litoral y el área centro-este del territorio.

En este trabajo se propone el estudio del régimen de precipitaciones en la provincia de San Luis, mediante datos e índices, durante el último evento La Niña 2017/2018 que afectó a varias regiones del centro del país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

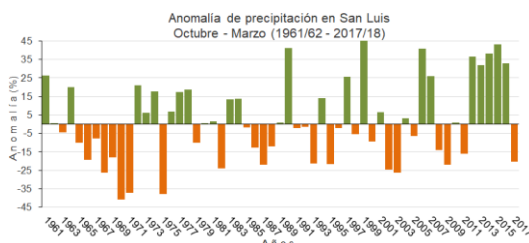
Se utilizaron datos mensuales de precipitación desde 1961 hasta la actualidad de las estaciones meteorológicas: San Luis Aero (33.3°S, 66.4°O) y Villa Reynolds Aero (33.7°S, 65.4°O); se tomó como valor normal a la serie 1981-2010 y para cada año en el semestre analizado, se calcularon los desvíos porcentuales; luego se promediaron y se obtuvo una estimación provincial de referencia.

Se utilizaron datos mensuales de precipitación de octubre de 2017 a marzo de 2018 de la red del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y de la red de estaciones meteorológicas de la provincia de San Luis (REM). Se calculó la anomalía respecto del promedio 1981-2010 en las estaciones del SMN y respecto del 2008-2016 en las REM, para dichos meses. Para las estaciones REM, se consideraron: todos los datos mensuales 2008-2016 disponibles (con faltantes) y no se permitieron incompletas a las series 2017 y 2018, con el fin de identificar los desvíos de precipitación negativos (ya que los positivos podrían no ser ciertos por falta de datos históricos). Se utilizaron las estadísticas del SMN de la anomalía de lluvia asociada a eventos “La Niña” (1981-2015).

El Índice de Precipitación Estandarizado, (McKee *et al.*, 1993) IPE, que se muestra es el correspondiente a 3 meses (fuente: reporte técnico CRC-SAS-2015-001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de 5 períodos consecutivos de lluvias por encima de lo normal a nivel provincial, se estimó un desvío porcentual de precipitación de -20.2%, el cual es el segundo más bajo de los últimos 10 años (el primero corresponde a un -22% en la sequía 2008/2009), como se observa en la Figura 1.



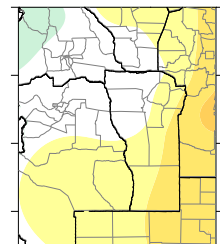
**Figura 1.** Anomalía porcentual de la precipitación a escala provincial en San Luis

Según la anomalía de precipitación (mm) asociada a eventos La Niña (1961-2015) en la provincia San Luis durante el trimestre de octubre a diciembre, la precipitación suele ser inferior a la normal y en el trimestre de enero a marzo las lluvias suelen ser normales (Figura 2). En el período 2017/2018 se observó un marcado déficit de precipitación en los meses de octubre de 2017 y febrero y marzo de 2018 (Figura 3).

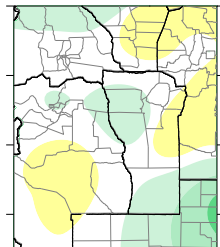
Al analizar los resultados mensuales del índice de sequía IPE para tres meses (2017/2018) en San Luis Aero y Villa Reynolds Aero (Figura 4), se puede inferir que la variabilidad del índice presentó un comportamiento simi-

lar en ambas, mostrando un descenso del IPE en gran parte de los meses estivales. En la primera estación meteorológica, la categoría que alcanzó este indicador fue de sequía moderada en marzo, mientras que en la segunda estación, llegó hasta condiciones de sequía extrema en abril. Este patrón, se corresponde con la sequía 2017/2018 que afectó principalmente al centro-este del país, siendo la localidad de Villa Reynolds la más cercana a dicha región y, por consiguiente, la que denotó un estado de secamiento más crítico.

oct - nov - dic / Niña

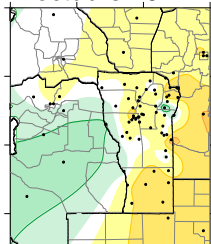


ene - feb - mar / Niña

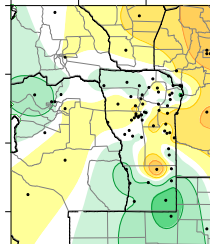


**Figura 2.** Anomalía promedio de la precipitación (mm) asociadas a “La Niña”

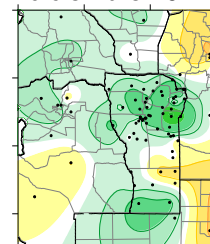
octubre 2017



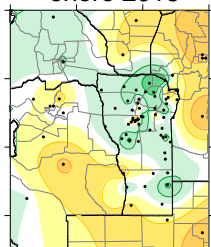
noviembre 2017



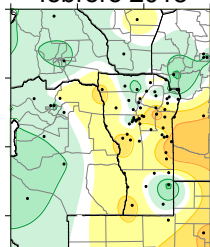
diciembre 2017



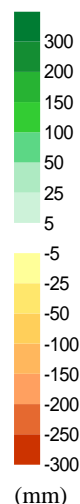
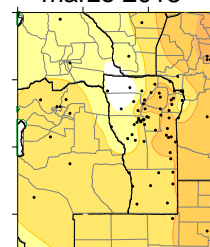
enero 2018



febrero 2018



marzo 2018



**Figura 3.** Anomalía de la precipitación mensual (mm) de octubre de 2017 a marzo de 2018 en San Luis.



**Figura 4.** Evolución mensual del índice IPE para una escala de 3 meses en San Luis Aero y Villa Reynolds Aero.

## CONCLUSIONES

Los fenómenos climáticos de gran escala como La Niña 2017/2018, la AAO y la oscilación de la Madden-Julian dieron lugar a la ocurrencia de una sequía que impactó principalmente al centro-este del país. Estos indicadores también explican el régimen de precipitaciones deficitarias encontrado en San Luis. En marzo la sequía alcanzó su mayor extensión horizontal, observándose una disminución pronunciada de las lluvias en el este provincial y se evidenciaron los desvíos más críticos del semestre estudiado, lo cual además se refleja en el valor del índice IPE-3 más severo de ese período.

Esta sequía fue la segunda más severa de los últimos diez años en San Luis.

## REFERENCIAS

- McKee, T.; Doesken, N.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to times scales. Proc. 8th Conference of Applied Climatology, 17-22, Jan, Anaheim, CA. Amer. Meteor. Soc., pp. 179-184.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. 2018. <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/>. [Consulta: lunes, 9 de abril de 2018].
- Servicio Meteorológico Nacional. 2018. <https://ssl.smn.gov.ar/serviciosclimaticos/?mod=clima&id=111>. [Consulta: lunes, 9 de abril de 2018].
- Silvestri, G. and Vera, C.S. 2003. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. Geophys Res Lett, 30, No. 21, 21-15, ISSN 0094-8276.
- Thompson, D. W. J., and J. M. Wallace 2000. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. J. Climate, 13, 1000-1016.

# INDICE DE SEVERIDAD DE SEQUIAS DE PALMER EN ARGENTINA: UN ANALISIS COMPARATIVO

Lugaro, T.<sup>1\*</sup>; Peretti, M.<sup>1</sup>; Carballo, F.<sup>1</sup>; Fernández Long, M.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE, CABA, Argentina.

\*Contacto: tlugaro@agro.uba.ar

**Palabras clave:** humedad del suelo; anomalía

## INTRODUCCIÓN

El Índice de Severidad de Sequías propuesto por Palmer (1965) (PDSI, por sus siglas en inglés) se utiliza para detectar periodos de sequías mediante cuatro categorías: leve, moderada, severa y extrema. Fue construido con el objetivo de desarrollar una metodología que permita realizar comparaciones de la severidad de las sequías en tiempo y espacio. Como datos de entrada requiere la evapotranspiración potencial (PE), la precipitación mensual y la capacidad de agua útil de los suelos (AWC). El PDSI fue desarrollado con datos de dos sitios ubicados en Iowa y Kansas (Estados Unidos). Dado a que su construcción involucra un área en particular, no es siempre aplicable en otras regiones.

Existen diferentes investigaciones que aplican el PDSI en Argentina (Scian y Donnari, 1997; Carbone y Piccolo, 2002; Carbone *et al.*, 2004). Carbone y Piccolo (2002) ajustaron esta metodología en la localidad de Tres Arroyos para identificar y caracterizar periodos de sequía. Para ello ajustaron los parámetros del modelo utilizando los periodos secos extremos ocurridos en dicha ciudad en el periodo 1930-1975. Por otro lado Peretti y otros (2018) realizaron un ajuste del PDSI para Argentina considerando los periodos secos de dos localidades climáticamente diferentes, Santa Rosa (localidad seca) y Gualguaychú (localidad húmeda). En ambos trabajos se obtuvieron diferentes estimaciones del PDSI.

En este trabajo se pretende aplicar los índices propuestos por Palmer (1965) (en adelante PA), Carbone y Piccolo (2002) (en adelante CP) y Peretti y otros (2018) (en adelante, PO), en una localidad de Argentina con el objetivo de establecer diferencias en el cálculo en el PDSI generados por el ajuste de algunos parámetros del índice.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir con el objetivo expuesto se utilizaron datos de evapotranspiración potencial mensual (PE), precipitación mensual y AWC de la localidad de Santa Rosa (La Pampa). Se analizó el periodo 1971-2016. Los datos de precipitación mensual y las variables requeridas para el cálculo de la PE provienen del Servicio Meteorológico Nacional. La PE fue estimada mediante el método de Penman-Monteith. Con dicha información se realizó el balance hídrico conforme a la metodología propuesta por Palmer (1965).

A partir de los resultados del balance se aplicaron las distintas estimaciones del PDSI expuestas en la Tabla 1. De esta manera se obtuvieron las estimaciones mensuales del PDSI para el periodo de tiempo analizado. Se graficaron los resultados obtenidos bajo los distintos índices para su comparación

**Tabla 1.** Constantes de la ecuación del PDSI desarrollados por los distintos autores.

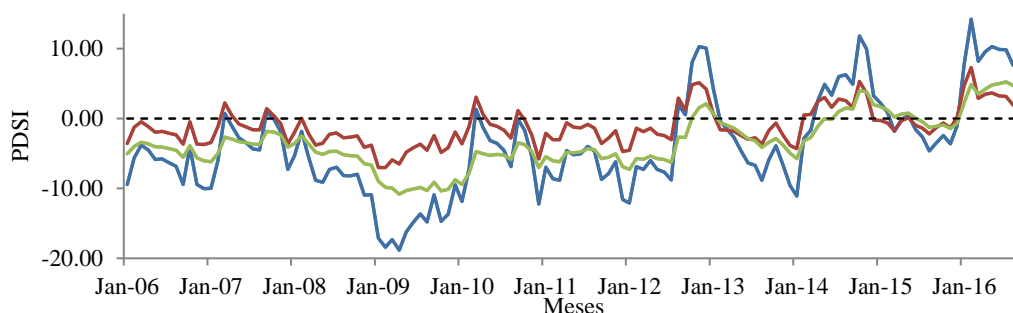
Ecuación	Autor
$X_i = \left(\frac{Z}{76,2}\right) + 0,897x_{i-1}$	Palmer, 1965
$X_i = \left(\frac{Z}{26}\right) + 0,77x_{i-1}$	Carbone y Piccolo, 2002
$X_i = \left(\frac{Z}{47,9}\right) + 0,597x_{i-1}$	Peretti y otros, 2018

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los distintos valores del PDSI obtenidos luego de la aplicación de las tres ecuaciones. A modo de ejemplo, se presentan las series temporales del PDSI para el periodo 2006-2016. En primer lugar, se observa que en los tres casos las estimaciones de las condiciones de humedad, si bien tienen un patrón común, difieren entre sí. Las series correspondientes a las constantes de PA y PO presentan una mayor similitud, aunque es posible detectar mayor persistencia de las sequías en el caso de Palmer (1965). Esto puede deberse a que cada ecuación se construye en base a datos de localidades diferentes por lo que se ajusta a las condiciones climáticas características de cada sitio. Sin embargo, al aplicar la ecuación propuesta por CP se observó un comportamiento diferente. En varias ocasiones el PDSI alcanza valores extremos muy marcados, tanto positivos como negativos.

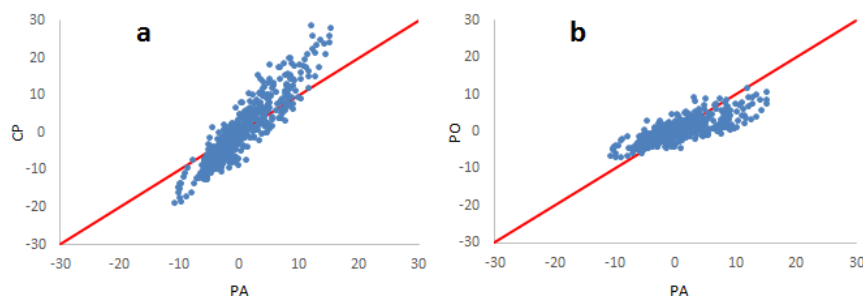
El PDSI presentado por CP utiliza una única localidad como referencia, con clima templado húmedo. Por otro lado, no contempla sequías con una duración mayor a 12 meses. Ambos aspectos determinan sustancialmen-

te la ecuación final del índice. PA y PO incluyen periodos secos de hasta 48 y 22 meses respectivamente y tienen en cuenta sitios caracterizados por climas disimiles, lo que permite que el índice sea un buen estimador de las sequías tanto en sitios húmedos como secos.



**Figura 1.** Series temporales del PDSI para la localidad de Santa Rosa. Las distintas series corresponden a cada uno de las tres ecuaciones aplicadas. PA (verde); CP (azul); PO (rojo).

En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos al aplicar los índices ajustados por PO y CP con aquellos obtenidos con la ecuación de PA. Se observa que el índice de CP arroja valores absolutos mayores que PA. Es decir que sobreestima tanto en condiciones de humedad como de sequía (figura 2a). Por otro lado, PO presenta valores más cercanos a la línea 1:1, lo que indica mayor similitud con los datos resultantes al aplicar la ecuación de PA (figura 2b). En comparación con la versión original del PDSI, la estimación del índice de sequías en Santa Rosa realizada mediante la ecuación de CP presenta una mayor dispersión que PO.



**Figura 2.** Gráficos de dispersión. **a)** Comparación entre el Índice de Palmer (abscisas) y CP (ordenadas) **b)** Comparación entre el Índice de Palmer (abscisas) y Peretti (ordenadas).

## CONCLUSIONES

Se observaron diferencias entre los tres ajustes del PDSI aplicados. En comparación con la versión original del índice propuesta por Palmer (1965), la ecuación creada por Carbone y Piccolo (2002) sobreestima tanto valores positivos (condición de humedad) como negativos (sequía). El índice propuesto en Peretti y otros (2018) da resultados más cercanos al rango de valores esperados. Es posible que las diferencias encontradas puedan estar asociadas a las características particulares de las localidades utilizadas en la construcción del PDSI según cada autor.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto IAI-CRN3035

## REFERENCIAS

- Carbone, M. E.; Piccolo, M. C. 2002. Caracterización de las sequías en la localidad de tres arroyos (1930-1975). Aplicación del Método de Palmer. Papeles de geografía, (36), 209-222.
- Carbone, M. E.; Piccolo, M. C.; Scian, B. V. 2004. Análisis de los períodos secos y húmedos en la cuenca del Arroyo Claremécó, Argentina. Papeles de geografía, (40), 25-35.
- Palmer, W. C. 1965. Meteorological drought (Vol. 30). Washington, DC: US Department of Commerce, Weather Bureau.
- Peretti, M.; Lugaro, T.; Carballo, F.; Fernandez Long, M. E. 2018. Índice de severidad de sequías de Palmer en Argentina: parte 1 metodología.
- Scian, B.; Donnari, M. (1997). Retrospective analysis of the Palmer Drought Severity Index in the semi-arid Pampas region, Argentina. International Journal of Climatology, 17(3), 313-322.

# VERIFICACION DE LOS PARÁMETROS DEL ÍNDICE DE SEVERIDAD DE SEQUÍAS DE PALMER PARA ARGENTINA

Peretti, M.<sup>1\*</sup>; Lugaro, T.<sup>1</sup>; Carballo, F.<sup>1</sup>; Fernández Long, M.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE, CABA, Argentina.

\*Contacto: merperetti@agro.uba.ar

**Palabras clave:** humedad del suelo; Región Pampeana

## INTRODUCCIÓN

Una sequía es un fenómeno natural caracterizado por precipitaciones inferiores a las esperadas o agua superficial limitada, que al extenderse durante un periodo largo de tiempo es insuficiente para satisfacer las demandas de las personas, de las actividades económicas y del ambiente (Organización Meteorológica Mundial, 2006). El incremento en la temperatura media del planeta experimentado en los últimos años ha provocado cambios en el ciclo del agua alterando la frecuencia e intensidad de las sequías (Sheffield *et al.*, 2012; Trenberth *et al.*, 2014). Ante este contexto de cambio climático cuantificar las sequías resulta fundamental para detectar posibles modificaciones en su ocurrencia.

Existen diversos índices para estimar la sequía. En Argentina se utiliza mayormente el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) que requiere como único dato de entrada la precipitación (McKee *et al.*, 1993). Desde el punto de vista operativo el SPI resulta una herramienta ventajosa ya que ofrece una metodología sencilla. El Índice de Severidad de Sequías (PDSI, por sus siglas en inglés) propuesto por Palmer (1965) involucra además de la precipitación mensual, la evapotranspiración potencial (PE) y la cantidad de agua útil del suelo (AWC). Este índice permite analizar las sequías agrometeorológicas y comparar la severidad en tiempo y espacio razón por la cual hoy se utiliza en diferentes regiones del planeta.

En este trabajo se busca ajustar los parámetros del Índice de Severidad de Sequías de Palmer a las condiciones climáticas de Argentina. Se espera hallar una ecuación del PDSI aplicable en diferentes las regiones del país.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Con el objetivo de calcular el PDSI para la Argentina, se seleccionaron dos localidades con climas disímiles: Gualguaychú (localidad húmeda) y Santa Rosa (localidad seca). Se requieren sitios climáticamente diferentes ya que se pretende engranar ambos climas en un esquema que produzca medidas de sequías comparables. Esto sustenta la posibilidad de aplicar este índice en diferentes regiones de nuestro país.

Para calcular el balance hídrico de cada localidad se trabajó con datos de precipitación diaria y con las variables requeridas para el cálculo de la evapotranspiración potencial (PE) a partir del método de Penman-Monteith. Los datos pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional. Además, se consideró el AWC correspondiente a cada localidad según el tipo de suelo (Fernández Long *et al.*, 2012). El periodo de tiempo analizado fue 1971-2016.

A partir del balance se obtuvieron los valores de precipitación  $\hat{P}$  que reflejan aquella magnitud de precipitación apropiada dadas las condiciones existentes en un momento determinado.  $\hat{P}$  indica por lo tanto la cantidad de humedad necesaria para mantener las condiciones normales. A partir de este valor de precipitación se calcula la desviación de humedad ( $d$ ), definida como la diferencia entre la precipitación actual ( $P$ ) y  $\hat{P}$  (Ecuación 1). Mediante esta fórmula es posible visualizar cual es la diferencia de las condiciones actuales de humedad respecto a las climáticas o normales.

$$d = P - \hat{P} \quad (1)$$

Asimismo, se obtuvo el parámetro  $k$  a partir de los valores medios de evapotranspiración potencial ( $\overline{PE}$ ), recarga ( $\bar{R}$ ), precipitación ( $\bar{P}$ ) y pérdidas ( $\bar{L}$ ). Se estiman doce  $k$ , correspondientes a cada mes del año. El denominador representa la oferta de agua mientras que el numerador indica la demanda.

$$k = \frac{(\overline{PE} + \bar{R})}{(\bar{P} + \bar{L})} \quad (2)$$

Esta versión de  $k$  no es definitiva, aunque es suficiente para una primera aproximación del PDSI. A partir de  $d$  y  $k$  se calculó el índice de anomalía de humedad ( $z$ ) mediante la siguiente ecuación:

$$z_i = d \cdot k \quad (3)$$

Valores negativos de  $z$  indican anomalías negativas de humedad, mientras que valores positivos sugieren una condición actual más húmeda de lo normal. A partir de la estimación de  $z$  se escogieron los periodos secos extremos ( $z$  negativos) para ambas localidades. Luego, se graficó el  $z$  acumulado en cada periodo de sequía y se trazó la línea de ajuste para dichos puntos indicando la condición extrema (-4). Para graficar las demás líneas se dividió el espacio entre las condiciones normal (0) y extrema en cuatro longitudes iguales. Con la ecuación de la recta "leve" se obtuvo la primera aproximación al índice de severidad de sequías:

$$X_i = \sum z_i / (ax + b) \quad (4)$$

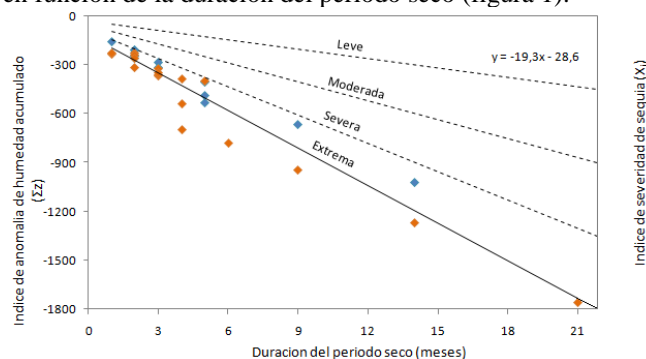
donde  $z_i$  es el índice de anomalía en el mes  $i$ ,  $a$  y  $b$  son los parámetros de la recta de -1.



La ecuación 4 no permite incorporar en forma adecuada el efecto de la duración del periodo seco, ya que no contempla las condiciones previas de humedad. Si un mes resulta seco, la severidad de este evento debería ser distinta si el mes anterior fue húmedo o si fue seco. Debido a ello, se agregó al modelo preliminar un término adicional ( $\Delta X_i$ ) que permite considerar el efecto de las condiciones del mes anterior, es decir, de la persistencia. Habiendo integrado el factor de duración a la ecuación, se obtuvo la versión final del PDSI ( $X_i$ ). Este índice arrojará valores menores a 0 bajo condiciones de sequía, y valores positivos en meses húmedos. La sequía se define mediante cuatro categorías: leve (-1), moderada (-2), severa (-3) y extrema ( $\leq -4$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como resultado de la aplicación del método propuesto por Palmer (1965) para estimar las sequías, se obtuvo el gráfico de  $z$  acumulado en función de la duración del periodo seco (figura 1).



**Figura 1.** Índice  $z$  acumulado para los periodos secos más extremos en las localidades de Gualguaychú (azul) y Santa Rosa (anaranjado).

A partir del gráfico realizado se obtuvieron los parámetros  $a$  y  $b$  (Ecuación 4), dando como resultado la primera versión del índice de sequías:

$$X_i = \sum z_i / (19,3x + 28,6) \quad (5)$$

Si se resuelve la ecuación 5 para un  $t=1$ , podemos saber cuál es la contribución de un mes determinado a una sequía. En este caso será  $z_i / 47,9$ . Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, esto no contempla la situación antecesora a dicho mes. Al incorporar el efecto de las condiciones anteriores ( $0,597x_{i-1}$ ) el índice de severidad de sequías resultante fue:

$$X_i = (z_i / 47,9) + 0,597x_{i-1} \quad (6)$$

## CONCLUSIONES

Se aplicó el PDSI para la Argentina ajustando los parámetros del modelo a las condiciones climáticas regionales. Como resultado se obtuvo la ecuación del índice (6) que podrá ser utilizada en diferentes regiones de la Argentina. Sin embargo, es posible que en algunos sitios se observen valores muy extremos, cercanos a -10. Será necesario continuar ajustando los parámetros del modelo para que sea capaz de diferenciar entre sequías de -4 y aquellas extremas, menores a este valor. Para ello se deberá ajustar el parámetro  $k$  utilizando información de distintas localidades que sean representativas de la diversidad climática regional. La incorporación de este factor de ponderación es el paso final para la construcción del PDSI.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto IAI-CRN3035

## REFERENCIAS

- Fernández-Long, M. E.; Spescha, L.; Barnatán, I.; Murphy, G. 2012. Modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA). *Rev. Agronomía y ambiente*, 32(1-2), 31-47.
- McKee, T. B.; Doesken, N. J.; Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183). Boston, MA: American Meteorological Society.
- Palmer, W. C. 1965. *Meteorological drought* (Vol. 30). Washington, DC: US Department of Commerce, Weather Bureau.
- Scian, B.; Donnari, M. 1997. Retrospective analysis of the Palmer Drought Severity Index in the semi-arid Pampas region, Argentina. *International Journal of Climatology*, 17(3), 313-322.
- Sheffield, J.; Wood, E. F.; Roderick, M. L. 2012. Little change in global drought over the past 60 years. *Nature*, 491(7424), 435.
- Trenberth, K. E.; Dai, A.; Van Der Schrier, G.; Jones, P. D.; Barichivich, J.; Briffa, K. R.; Sheffield, J. 2014. Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17.
- Organizacion Meteorologica Mundial, 2006. Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenge.

# ICK OTOÑAL Y PRIMAVERAL: COMPARACIÓN DE UN CÁLCULO ALTERNATIVO

Makar, D.<sup>1</sup>; Molla kralj, A<sup>2</sup>; Blasón, A.D.<sup>1\*</sup>; Rodríguez, R.O.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Agrometeorología, <sup>2</sup>Catedra de Ecología y Fitogeografía, Facultad de Ciencias Agrarias - Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Ruta 4, km. 2 (1836) Lavallol, Bs. As. Argentina

\*Contacto: adblason@yahoo.com

**Palabras clave:** temperatura media, interpolación, índice cryokindynoscópico

## INTRODUCCIÓN

El fenómeno de la helada constituye uno de los accidentes del tiempo que más pérdidas causa a la agricultura en la Argentina (Burgos, 1963). Entre las valoraciones de riesgo de daño, que no se basen únicamente en la probabilidad de ocurrencia de un determinado nivel de temperatura se encuentra el índice cryokindynoscópico (ICK) (Burgos, 1947). El mismo plantea que a igual probabilidad de ocurrencia de heladas meteorológicas en distintos sitios geográficos, puede implicar diferentes niveles de peligrosidad de daño para los cultivos, debido a que los mismos son factibles de presentar mayor o menor sensibilidad al daño por heladas acorde a su crecimiento y desarrollo. El avance en el ciclo del cultivo se encuentra muy condicionado por la temperatura por lo que en el ICK se asume que las localidades que presentan mayor temperatura media del aire, en la fecha determinada para el mismo presentarán más daño y por lo tanto mayor peligrosidad.

Burgos estableció su índice ICK por momento de ocurrencia, como la temperatura media normal diaria determinada para la fecha que cumpla con el nivel de probabilidad de helada elegido. Ese día para heladas otoñales es la fecha antes de la cual es probable que ocurra la helada 1 vez cada 5 años, mientras que para heladas primaverales es la fecha después de la cual es probable que ocurra la helada con igual recurrencia.

En la presentación original de la metodología, se determinó la temperatura media del aire para las fechas de ocurrencia de los ICK interpolando linealmente entre las temperaturas medias mensuales climáticas correspondientes a los meses en donde se observa el fenómeno. La caracterización climática mediante valores medios permitió resumir eficientemente información en tiempos con capacidad de procesamiento y almacenamiento de datos limitados sacrificando muchas veces por esto la información que aporta su variabilidad.

Entre los profundos cambios que produjo el advenimiento del computador, se pasó a disponer de prácticamente infinita capacidad de almacenamiento, organización y procesamiento de bases de datos entre las que se incluyen las series meteorológicas en forma digital. Dicha facilidad nos condujo a preguntarnos y probar si resultaría diferente una variante que incorpora toda la información meteorológica disponible en el cálculo para determinar el ICK por momento de ocurrencia respecto a su metodología original.

El objetivo del presente trabajo es comparar ambos métodos y detectar la existencia o no de diferencias entre ellos, considerando futuros estudios respecto a los retrospectivos existentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el análisis se utilizaron series de 30 años de temperaturas diarias del aire entre 1971 y 2000, provistas por las estaciones meteorológicas convencionales del SMN y el INTA. Fueron seleccionadas por continuidad y coincidencia en años para el balanceo del análisis, las series de temperatura media diaria del aire de las siguientes cuatro localidades: Castelar y Pergamino, en Buenos Aires; Manfredi en Córdoba y San Rafael en Mendoza. Con ellas se buscó incluir desde el clima templado húmedo de Buenos Aires hasta el clima seco de Mendoza representando una zona de gran importancia agrícola de la República Argentina. Las series fueron subdivididas en tres décadas, evaluando tendencia en la temperatura a través de ellas, posibilitando ser utilizadas como repeticiones del análisis estadístico.

Para las localidades mencionadas se determinaron las fechas de ICK para heladas otoñales y primaverales según Burgos, pero para el cálculo de la temperatura que representa el índice se utilizó dos metodologías distintas. La primera, según planteó originalmente su autor, donde la temperatura media normal del aire para la fecha correspondiente al ICK se calcula interpolando linealmente mediante la tensión térmica diaria a partir de las temperaturas medias mensuales climáticas que comprenden la fecha del ICK correspondiente.

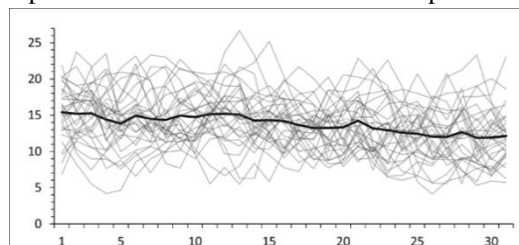
La metodología alternativa realiza el cálculo promediando a través de la serie de años la temperatura media diaria meteorológica para el día del año correspondiente a las fechas de los ICK determinadas. Los resultados obtenidos por cada tipo de cálculo se contrastaron estadísticamente mediante un análisis de la varianza (ANVA) como tratamientos pareados de un diseño en bloques completamente aleatorizado (DBCA), controlando la fuente de variación por localidad y anidando las repeticiones por décadas correspondientes; tanto para las heladas otoñales y repitiendo el análisis con las primaverales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN



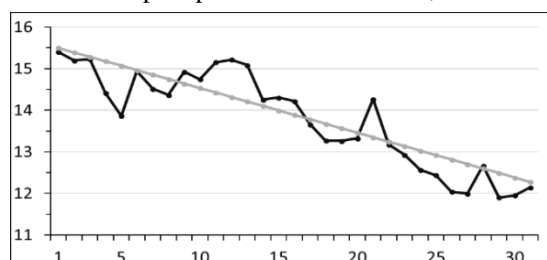
La Figura 1 muestra como ejemplo, las trazas de temperaturas medias diarias durante el mes de abril en la localidad de Castelar (mes que comprende su fecha de ICK de heladas otoñales) para cada año de la serie, y el valor medio climático para cada día a lo largo del mes. Puede notarse la gran variabilidad interanual del fenómeno enmascarada al ser representado únicamente por su valor medio, aunque asimismo resultó y resulta de mucha utilidad en trabajos de caracterización.

La capacidad de almacenamiento y procesamiento digital moderno permitió la utilización de datos diarios (o de mayor frecuencia) de extensas series permitiendo calcular en este caso para cada sitio la temperatura media a través de cada uno de los días del año. Esto evita tener que recurrir a la interpolación antes indicada obteniendo de forma directa el valor de temperatura media normal del aire correspondiente al ICK.

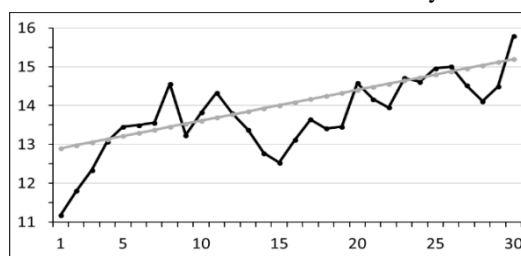


**Figura 1:** Temperaturas diarias de abril en Castelar trazos grises para cada año entre 1971 y 2000, trazo negro valor medio normal entre ellas a nivel diario.

En la Figura 2 para heladas otoñales, y en la figura 3 para heladas primaverales, se presentan las temperaturas medias diarias normales, y las medias reconstruidas mediante interpolación lineal por tensión térmica diaria como originalmente fuese aplicada por Burgos. Claramente puede apreciarse en ambos casos que las metodologías se acompañan, pero en este ejemplo ya es de notar la existencia de diferencias para una fecha en particular de hasta 2 °C para promedios de 30 años, conforme las series se extienden las diferencias disminuyen



**Figura 2:** Trazo negro: Temperaturas medias normales diarias y línea gris reconstruida por tensión térmica diaria, para el mes de abril en Castelar, serie 1971-2000.



**Figura 3:** Trazo negro: Temperaturas medias normales diarias y línea gris reconstruida por tensión térmica diaria, para el mes de setiembre en Castelar, serie 1971-2000.

La homogeneidad de varianzas entre series permitió realizar el ANVA descrito precedentemente, tanto para heladas otoñales presentado en la tabla 1 como de primaverales por la tabla 2. El análisis realizado indica diferencias significativas para los modelos, cercano al 5% para primaverales, y rondando el 1% en otoñales; lo cual era esperable debido a las marcadas diferencias climáticas entre localidades. En cuanto a las formas de cálculo del ICK testeadas (tipo cal. en Tabla 1 y 2) no difirieron estadísticamente en forma significativa, mientras que el test de comparación de medias muestra los valores de la diferencia mínima significativa (DMS) a partir de los cuales resultarían diferentes.

**Tabla 1:** Análisis de la varianza heladas primaverales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tipo cal.	1,94	1	1,94	2,84	0,1199
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,74300					
tipo de cálculo	Medias	n	E.E.		
ICK PH BUR	15,03	12	0,24	A	
ICK PH	15,60	12	0,24	A	

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ )

**Tabla 2:** Análisis de la varianza heladas otoñales

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
tipo cal.	0,49	1	0,49	1,29	0,2795
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55308					
tipo de cálculo	Medias	n	E.E.		
ICK UH	15,00	12	0,18	A	
ICK UH BUR	15,29	12	0,18	A	

Letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ )

## CONCLUSION

La inexistencia de diferencias significativas entre ambas formas de cálculo de las temperaturas normales para la obtención de los ICK por momento de ocurrencia hace igualmente válido utilizar alternativamente las dos metodologías estudiadas. Por lo que la utilización de una u otra quedaría sujeta a disponibilidad y/o conveniencia de la información disponible.

## REFERENCIAS

- Burgos, J.J. 1947. A Cryokindynoscopia index useful in agroclimatic researches. Serv. Meteor. Nac. Buenos Aires. CIR/INO/T 305. Cag. M Doc número 30, Toronto, Mimeogr.
- Burgos, J.J. 1963. *Las heladas en la Argentina*. Buenos Aires: Colección Científica del I.N.T.A. 389 pp.

# CARACTERIZACION AGROCLIMÁTICA DE HELADAS DE CINCO LOCALIDADES DE LAS REGIONES NORTE, CENTRO-ESTE Y SUR DE SAN LUIS

Rojas, E.<sup>1\*</sup>; Sartori, M.L.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias Agropecuarias. FICA. Universidad Nacional de San Luis. Ruta Nacional 148 Norte. Villa Mercedes, Prov. San Luis. Argentina. CP: 5730.

\*Contacto: elirojass@hotmail.com

**Palabras clave:** adversidades; riesgo; frío

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas en la provincia de San Luis se ha producido un aumento sostenido de la producción agropecuaria especialmente en la región centro-este y sur. Asimismo, en la región noreste se suma a la actividad agrícola la producción frutícola de especies criófilas de bajos requerimientos de horas de frío (Producción Agrícola, 2017).

Uno de los principales riesgos para la producción agropecuaria y frutícola es la ocurrencia de heladas especialmente si éstas se producen en el momento en que los cultivos se encuentran en fases críticas de crecimiento o desarrollo. Por lo tanto, el conocimiento de su época de ocurrencia e intensidad cobra fundamental importancia como una herramienta en la toma de decisiones relacionadas con la implementación de los métodos de prevención de sus daños (Díaz Queraltó, 1971; Billiet y Fernández Long, 2008).

El concepto meteorológico de helada define como tal a todo descenso de temperatura del aire igual o inferior 0°C, registrada en un termómetro bajo abrigo meteorológico a 1,5 m sobre el suelo. (Damario *et al.*, 1996; Pascale y Damario, 2004). El objetivo del presente trabajo fue establecer similitudes y diferencias entre los regímenes agroclimáticos de heladas en cinco localidades ubicadas en el Norte, centro y Sur de la provincia de San Luis.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron cinco localidades de provincia de San Luis, Anchorena (35° 45' LS), Unión (35° 09' LS) y Nueva Galia (35° 07' LS) pertenecientes al departamento Gobernador Dupuy, Villa Mercedes (33° 44' LS) ubicada en el departamento General Pedernera y Quines (32° 21' LS) en el departamento Ayacucho (Figura 1). Se utilizaron datos de temperaturas registradas cada una hora, para el período 2008-2017, provenientes de la red de estaciones meteorológicas automáticas perteneciente a la Universidad de la Punta y de la estación meteorológica automática de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (UNSL).

Se consideró helada a todo descenso térmico igual o inferior a 0 °C, a 1,5 m de altura en abrigo. De acuerdo al criterio ya utilizado por Pascale y Damario (2004). Se consideraron primeras heladas o heladas tempranas a aquellas registradas antes el 15 de julio y como últimas o tardías a las ocurridas después del 21 del mismo mes.

Se realizó estadística descriptiva obteniéndose valores medios y desviaciones estándar para las siguientes variables: Fecha de primera (FPH) y última helada (FUH), período con heladas (PCH), período libre de heladas (PLH) y temperatura mínima media (TM). A los efectos de describir la variabilidad de los datos y establecer similitudes y diferencias entre las localidades y las variables se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Para agrupar los ambientes en función de las variables se realizó un análisis de conglomerados. Todos los métodos estadísticos utilizados se realizaron con el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Estadística descriptiva

Como muestra la Tabla 1, Villa Mercedes presentó la FPH más temprana ( $25/04 \pm 16$  días) en tanto que Quines mostró la FPH más tardía ( $02/06 \pm 17$ ), siendo el periodo medio con heladas para Villa Mercedes de 156 días. Orta y Rojas (2012), analizando la serie de datos de los años 1961-2011, encontraron para la misma localidad una tendencia descendente de la fecha media de última helada en los últimos 10 años de la serie, que resultaba en un acortamiento del PCH. Resultados similares obtuvieron Fernández Long *et al.*, (2005) en La Pampa y región costera de Buenos Aires donde se evidenció un adelanto de la fecha media de última helada entre 5 y más de 10 días. Villa Mercedes y Quines presentaron la FUH más tardía y más temprana respectivamente. La TM para Villa Mercedes fue  $-8,2^{\circ}\text{C} \pm 2,3^{\circ}\text{C}$  siendo la más baja entre todas las localidades contrastando con la de Quines que fue de  $-5^{\circ}\text{C} \pm 1,9^{\circ}\text{C}$ .

### Análisis de componentes principales

El resultado del análisis de componentes principales se muestra a través del gráfico biplot (Figura 2.a) cuyas dos primeras componentes principales (CP1 y CP2) explican toda la variabilidad de los datos, sumando el 100 %. Las localidades que más aportaron a la variabilidad fueron Villa Mercedes y Quines como se puede observar a partir de las proyecciones de sus identificadores en la CP1. Las variables FUH y PCH ubicadas a la izquierda en la CP1 se asociaron a Anchorena y Villa Mercedes en tanto que Quines, Nueva Galia y Unión se asociaron a las variables PLH, TM y FPH ubicadas a la derecha en la CP1.



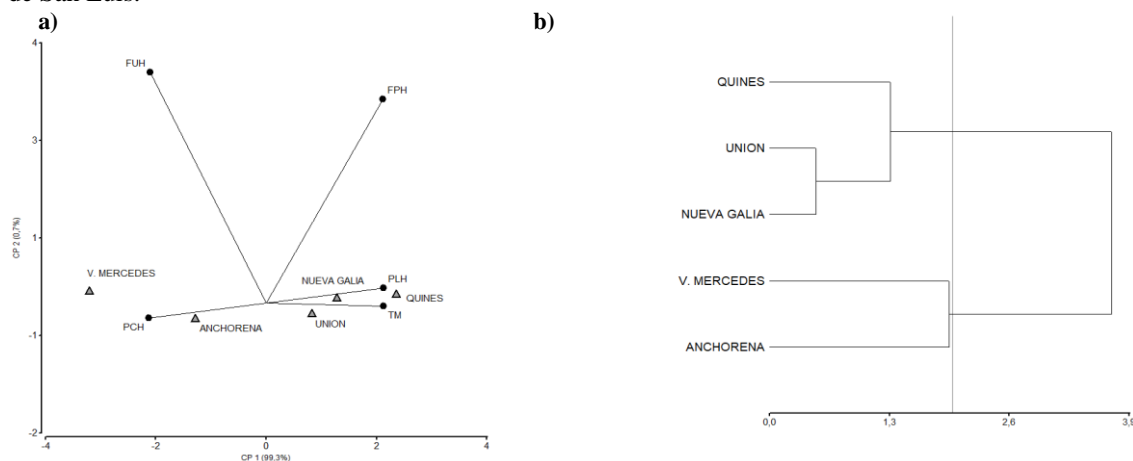
**Tabla 1.** Valores medios y desviación estándar de las variables analizadas.

LOCALIDAD	FPH	FUH	PCH	PSH	TM (°C)
ANCHORENA	04-may $\pm 24$	16-sep $\pm 11$	136 $\pm 25$	229 $\pm 25$	-8,2 $\pm 2,3$
NUEVA GALIA	25-may $\pm 22$	06-sep $\pm 18$	105 $\pm 32$	260 $\pm 32$	-6 $\pm 1,4$
QUINES	02-jun $\pm 17$	01-sep $\pm 14$	92 $\pm 18$	273 $\pm 18$	-5 $\pm 1,9$
UNION	19-may $\pm 27$	06-sep $\pm 14$	111 $\pm 29$	254 $\pm 29$	-6,2 $\pm 1,7$
V. MERCEDES	25-abr $\pm 16$	30-sep $\pm 21$	159 $\pm 31$	206 $\pm 31$	-9,8 $\pm 2$

**Figura 1.** Ubicación de las estaciones meteorológicas

### Análisis de conglomerados

El dendrograma resultante del análisis de conglomerados permitió agrupar a las localidades en función de las variables evaluadas. Utilizando un criterio de corte del 50 % del valor de las distancias. Quines, Unión y Nueva Galia forman un grupo que se diferencia de Villa Mercedes y Anchorena (Figura 2.b). Rojas *et al.* (2016) obtuvieron resultados similares en cuanto al agrupamiento de las tres localidades pertenecientes al sur de la provincia de San Luis.



**Figura 2.** a) Biplot del análisis de componentes principales. b) Dendrograma del análisis de conglomerados.

## CONCLUSIONES

A partir de la determinación del régimen de heladas de cinco localidades de la provincia de San Luis se pudo establecer que Quines, Nueva Galia y Unión presentan un régimen similar en cuanto a duración del período con heladas e intensidad de las mismas, diferente del de Villa Mercedes y Anchorena, considerándose éstas como de mayor peligrosidad. Esta diferenciación entre las localidades permitirá facilitar la toma de decisiones relacionadas con la elección, y manejo de cultivos como medidas de prevención ante el daño causado por heladas.

## REFERENCIAS

- Billiet, D.; Fernández Long, M.E. 2008. Caracterización agroclimática de las heladas en Salta I Congreso Argentino de Agrometeorología. S.S. de Jujuy. Argentina.
- Damario, E.; Pascale, A.J.; Pérez, S.; Maio, S. 1996. Cartas climáticas 1961-1990.
- Díaz Queraltó, F. 1971. Práctica de la defensa contra las heladas. Ed. Dilagro. Lérida. España.
- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Fernandez Long, M.E.; Barnatán, I.; Spescha, L.; Hurtado, R.; Murphy, G. 2006. Caracterización de las heladas en la región pampeana y su variabilidad en los últimos 10 años. Acceso a Internet: [http://www.agro.uba.ar/comunicacion/divulga/caracterizacion\\_heladas.pdf](http://www.agro.uba.ar/comunicacion/divulga/caracterizacion_heladas.pdf)
- Orta, F. J.; Rojas, E. 2012. Caracterización y variabilidad de las heladas en Villa Mercedes (San Luis). XIV Reunión Argentina de Agrometeorología. Mendoza. Argentina.
- Pascale, A.J.; Damario, E.A. 2004. Bioclimatología Agrícola y Agroclimatología. Editorial Facultad de Agronomía – UBA. 550 pp.
- Producción agrícola. Recuperado el 15 de Abril de 2017, de [http://www.siiia.gov.ar/\\_apps/siia/salida.php](http://www.siiia.gov.ar/_apps/siia/salida.php)
- Rojas, E.; Sartori, L.; Saber, G. 2016. Caracterización agroclimática de heladas en tres localidades del sur de la provincia de San Luis. XVI Reunión Argentina y VII Latinoamericana de Agrometeorología. Chubut. Argentina.

# TENDENCIAS DE LAS SEQUÍAS Y EXCESOS HÍDRICOS Y SU RELACIÓN CON EL NIÑO SOUTHERN OSCILLATION (ENSO) EN ARGENTINA

Ravelo, A.C.<sup>\*1</sup>; Zanvettor R.E.<sup>1</sup>; Boletta, P.E.C<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> CREAN-IMBIV/CONICET, Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba  
Ing. Agr. Félix Aldo Marrone 746, Ciudad Universitaria, 5000 Córdoba,

\*Contacto: ravelo43@gmail.com

**Palabras clave:** anomalías hídricas; Índice de sequías de Palmer

## INTRODUCCIÓN

La alternancia de períodos de extrema deficiencia o sequías y de excesos hídricos en Argentina es un proceso que se ha intensificado en las últimas décadas y sus consecuencias socio-económicas afectan, en mayor o menor medida, a todos los estratos de la sociedad (Zanvettor *et al.*, 2017).

La ocurrencia del ENSO ha sido asociada con la manifestación de dichos extremos hídricos (Cicero *et al.*, 2007; Magaña *et al.*, 2003).

Resulta por lo tanto relevante determinar si existen tendencias temporales y/o geográficas en las sequías y excesos hídricos asociadas con el ENSO, a los fines de arbitrar medidas preventivas o paliativos de estos eventos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

A los fines exploratorios se consideró como región de estudio a las provincias de la pradera pampeana y el período 1980-2018. La ocurrencia de eventos El Niño y La Niña fueron obtenidas de diversas fuentes y relacionadas con las determinaciones de sequías y excesos hídricos. Las fechas de ocurrencias de los extremos hídricos en el período estudiado fueron obtenidas del Atlas de Sequías (Ravelo *et al.*, 2014).

Se consideraron los índices de sequía de Palmer conocido como PDSI (Palmer, 1965) y el de precipitación estandarizada o SPI de tres meses (McKee *et al.*, 1993).

Los valores de ambos índices fueron asociados a la ocurrencia de El Niño o La Niña en el período considerado (Figura 1) mediante un análisis espacio-temporal usando un sistema de información geográfica (Eastman, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución geográfica de ocurrencia de los extremos hídricos presenta importantes señales de aleatoriedad durante los eventos ENSO no solo en intensidades débiles sino también en los casos de eventos fuertes. Sin embargo, en estos últimos eventos existe una asociación más marcada. Se ha podido establecer una relación positiva entre la ocurrencia de El Niño con excesos hídricos y La Niña con sequías en la región pampeana considerada.

Cuando el análisis de relación índice-evento se realiza a nivel de localidad (Tabla 1 y Figura 1) se presentan grandes variabilidades en la magnitud del índice y el evento cualquiera sea su intensidad. Es decir que los índices deberían ser positivos en el caso de El Niño y negativos en La Niña; sin embargo, en algunos eventos se observan simultáneamente valores positivos y negativos en el trimestre considerado (Diciembre-Enero-Febrero). La Figura 1 identifica eventos El Niño recientes más intensos en términos de PDSI con relación a hace 20 ó 30 años atrás con una línea de tendencia significativamente distinta de cero. En cambio, los eventos La Niña si bien presentan una tendencia negativa de los valores del PDSI, esta línea de tendencia no es significativamente distinta de cero.

Por otro lado, cuando el análisis se realiza en el marco de un sistema de información geográfica la variabilidad mencionada disminuye significativamente y se pueden establecer patrones espaciales de ocurrencia de eventos ENSO versus valores de los índices PDSI y SPI.

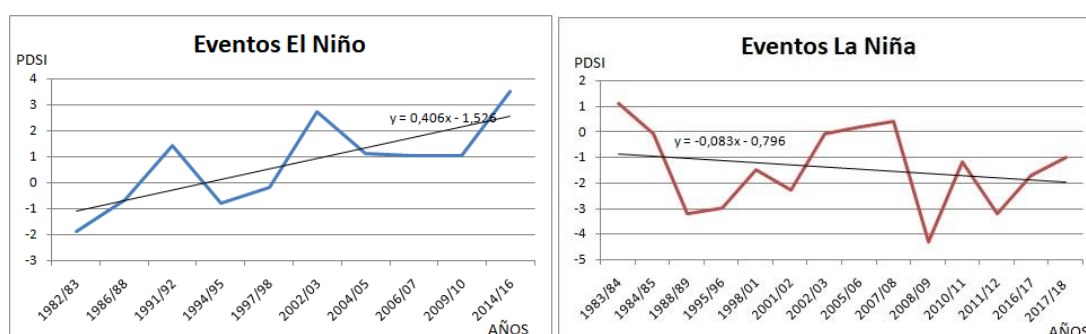
Se encontró que existen regiones con mayor frecuencia de estos eventos y otras donde existe mayor aleatoriedad de frecuencia.

## CONCLUSIONES

Los resultados preliminares son relevantes; sin embargo, la determinación de patrones temporales y geográficos con mayor precisión requiere la profundización de estos estudios. Estos resultados deben ser verificados en otras regiones del país pero puede aseverarse que eventos El Niño tenderán a ser más intensos en términos de valores del PDSI con algunas regiones registrando mayores excesos hídricos.

**Tabla 1.** Fechas e intensidades de los eventos El Niño y La Niña para la localidad de Dolores, Buenos Aires (lat.36°16'S lon.57°41'W elev. 9 m) durante el período 1980-2018

FECHA	EVENTO EL NIÑO	Valores PDSI Dic-Ene-Feb	FECHA	EVENTO LA NIÑA	Valores PDSI Dic-Ene-Feb
1982/83	Fuerte	-1,2; -1,9; -1,9	1983/84	Débil	1,1; 1,1; 3,3
1986/88	Fuerte*	-0,2; -0,7; 0,2 -1,5; -0,9; -1,0	1984/85	Moderado	0,1; -0,1; -0,9
1991/92	Fuerte	1,5; 1,4; 0,8	1988/89	Fuerte	-2,3; -3,2; -3,7
1994/95	Moderado	-0,6; -0,8; -1,0	1995/96	Moderado	-2,4; -3,0; -2,8
1997/98	Fuerte	1,9; -0,2; -1,0	1998/01	Fuerte	-1,8; -1,5; -1,8 -2,2; -2,3; 0,4 1,2; -0,1; -0,4
2002/03	Moderado	3,7; 2,7; 3,1	2005/06	Moderado	-1,0; 0,2; 1,2
2004/05	Débil	-1,4; 1,1; -0,3	2007/08	Fuerte	-1,1; 0,4; 0,6
2006/07	Moderado	1,0; 1,0; 1,5	2008/09	Moderado	-3,2; -4,3; -4,1
2009/10	Fuerte	1,3; 1,0; 2,2	2010/11	Fuerte	-1,1; -1,2; -2,1
2014/16	Fuerte	3,8; 3,5; 3,1 -0,4; -0,6; 0,0	2011/12	Moderado	-2,6; -3,2; -3,0
			2016/17	Débil	-1,8; -1,7; -1,9
			2017/18	Moderado	-0,7; -1,0; -1,4



**Figura 1.** Eventos El Niño y La Niña y el índice de Palmer (PDSI) de enero para la localidad de Dolores, Buenos Aires con la línea de tendencia y su ecuación de regresión lineal.

## REFERENCIAS

- Cicero, A.R.; Ravelo, A.C.; Zanvettor, R.E. 2007. Relación entre Eventos El Niño/La Niña y la Ocurrencia de Sequías en Mendoza, Argentina. *Rev. Arg. Agrom.* (5-6):31-37.
- Eastman, R. 2012. Programa de Sistema de Información Geográfica IDRISI/TerrSet. Clark Labs, Clark University, Worcester, Massachusetts, USA.
- Magaña, V.O.; Vázquez, J.L.; Pérez, J.B. 2003 Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *Geofísica Internacional* 4(2):313-330.
- McKee T.B.; Doesken N.J.; Kleist J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA, pp. 179–184.
- Palmer, W.C., 1965. *Meteorological Drought*. US Weather Bureau Research 45, 58 p. Washington
- Ravelo A.C.; Zanvettor, R.E.; Boletta, P.E.C. 2014. *Atlas de Sequías de la República Argentina*. Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN). [www.crean.unc.edu.ar](http://www.crean.unc.edu.ar) ISBN 978-950-33-1195-0.
- Zanvettor, R. E.; Ravelo, A. C.; Thomasz, E.O.; Sanchez, S. 2017. Evaluación agroclimática y económica de los efectos adversos de los excesos hídricos en la región pampeana argentina. *Revista Argentina de Agrometeorología* VIII, 1-14.

## **ÁREA TEMÁTICA 8**

### **Enseñanza y Extensión**

## **Comunicación**

# MANEJO DE VARIABLES METEOROLÓGICAS EN LA HUERTA ESCOLAR

Aguilera, R.B.<sup>1\*</sup>; Guidolín, S.A.<sup>2</sup>; Aguilera, D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo, Alte. Brown 500, Chacras de Coria, Mendoza 5505, Argentina; <sup>2</sup> Escuela 4-232 Teresa Ghilardi de Martín, Brandsen s/n, Perdriel, Mendoza 5509, Argentina; <sup>3</sup> Facultad de Psicología Universidad Nacional de San Luis, Av. Ejército de los Andes 950, San Luis 5700, Argentina.

\*Contacto: raguilera@fca.uncu.edu.ar

**Palabras claves:** Invernadero, reciclaje, extensión

## INTRODUCCIÓN

El modelo de enseñanza aprendizaje basado en el “aprender haciendo” puede ser aplicado en la huerta escolar ya que en ella los estudiantes, sintiéndose responsables de lo producido, aprenden a partir de la práctica (Ali y Alvarez, 2011). La Escuela secundaria 4-232 Teresa Ghilardi de Martín, ubicada en el Barrio de Costa Flores, Perdriel (Pcia. de Mendoza) cuenta con una huerta como espacio institucional en el que articulan las distintas áreas curriculares. La relación de la Escuela con la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo) comenzó en el año 2014 a partir de un proyecto de inserción de la comunidad universitaria en el territorio, denominado “Vuelta al pago” (Aguilera, 2015), donde se inició un taller de huerta orgánica. Continuó al año siguiente con un proyecto de extensión “Prof. Mauricio López”, del Área de Articulación Social e Inclusión Educativa de la UNCuyo, realizando modelos de huertas urbanas para la comunidad.

Uno de los desafíos a afrontar para la continuidad de la huerta fueron las condiciones climáticas del lugar. Debido a la rigurosidad del clima, las actividades de la huerta no tenían continuidad en meses con bajas temperaturas. Perdriel, ubicado a 980 msnm, presenta una elevada amplitud térmica diaria, con una temperatura mínima media en los meses de invierno de -2°C. En los climas con limitaciones sobre todo térmicas para el desarrollo de la huerta, se han implementado estructuras (invernáculos) que permiten el cultivo en los meses más críticos (Echazú *et al.*, 2004). Como el costo de un invernadero convencional es elevado para las posibilidades económicas de la comunidad educativa y también con el objetivo de cuidar el ambiente incentivando el reciclaje, se decidió construir un invernáculo con paredes de botellas PET (polietileno tereftalato) ya que en la región fue estudiado el efecto de la construcción con botellas PET para mantener la inercia térmica (Esteves y Gelardi, 2004). Además, ante las limitaciones en la disponibilidad de agua en Mendoza (Gobierno de Mendoza, 2016) y la necesidad de concientización de su cuidado desde las escuelas, otro objetivo planteado en el marco del espacio de huerta fue mejorar la planificación del riego.

## CONSTRUCCIÓN DE UN INVERNÁCULO ECOLÓGICO

Los alumnos de 4to año iniciaron una campaña de recolección de botellas PET en la que colaboró toda la comunidad educativa y vecinos de la localidad. Las botellas fueron utilizadas para construir un invernáculo en el patio de la escuela cercano a la huerta. Esto, permitió la continuidad de las actividades de la huerta, principalmente preparación de plantines, en época de bajas temperaturas. El proyecto de la construcción del “Invernáculo Ecológico”, fue presentado en la Feria de Ciencias en el ciclo lectivo 2016, pasando de la etapa departamental (Luján de Cuyo), a la provincial (Ciudad de Mendoza) donde se obtuvo una mención especial. Esto fue motivo de entusiasmo, permitiendo que los estudiantes contaran la experiencia para permitir su reproducción por otras comunidades educativas, generando también cierto impacto social. Además, la construcción de este invernáculo con materiales reciclables, contribuyó a concientizar sobre el impacto ambiental de las botellas PET, evidenciándose una notable disminución de este material como residuo en el entorno de la escuela.

## CUIDADO DEL AGUA

Los alumnos de 3er año en el marco de la asignatura de Agroecosistemas, elaboraron pluviómetros caseros (a partir de botellas PET) y registraron en planillas confeccionadas por ellos la precipitación diaria. Con esta información, más el valor de evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) publicado por la Dirección de Agricultura y Contingencias (DACC) para la estación ubicada en Perdriel (33° 7' 7.39" S 68° 54' 32.79" O) y definiendo un nivel de agotamiento permisible del agua en el suelo (NAP) de acuerdo a valores de la zona, elaboraron un balance de agua sencillo para planificar el riego. Comenzaron el cálculo suponiendo capacidad de campo, es decir con déficit cero, aumentando el mismo día a día a partir del consumo de agua por los vegetales  $-ET_0 * K_c$  (coeficiente de cultivo) y cuando el déficit llegaba al NAP debían regar. Además, las mediciones de precipitación registradas permitieron calcular el agua recolectada a partir de los desagües del techo de la escuela almacenada para utilizarla en el riego. De esta manera, los estudiantes pusieron en práctica los conceptos vistos en la asignatura a partir de la práctica en la huerta, profundizando en el cuidado del agua en la agricultura (consumidora del 89% del total de agua en la provincia) a partir de la planificación del riego.



## CONTINUIDAD DE LA RELACIÓN FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS (FCA)-UNCUYO Y LA ESCUELA

Para el segundo semestre del 2018 se ha planificado que los alumnos de la escuela visiten la FCA, incluyendo la estación meteorológica convencional de Chacras de Coria ubicada en el predio de la Facultad. De esta manera, se espera incentivar el acercamiento de los alumnos a la agrometeorología contemplando su impacto en la vida cotidiana y en la agricultura, e incentivar el acercamiento de la Universidad al territorio.

### CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo propuesto de continuidad del espacio de huerta en época de bajas temperaturas. Se incentivó a la comunidad a reciclar botellas PET. Además, la participación en la Feria de Ciencias permitió divulgar, a otras escuelas de la provincia, la construcción del invernáculo con botellas PET como modelo a seguir. Tanto la construcción de pluviómetros como del invernáculo posibilitaron la mejor comprensión del impacto de variables meteorológicas en la agricultura.

Se espera a futuro, que la relación de la Universidad con la comunidad de Costa Flores continúe, promoviendo el intercambio de saberes entre la Universidad y su entorno.



**Figura 1:** Alumnos construyendo el interior del Invernáculo de la Huerta de la escuela 4-232 construido con botellas PET recicladas (izquierda). Alumnos participando en la Feria de Ciencias (derecha).

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la participación de los docentes y a la comunidad de Costa Flores por la colaboración.

### REFERENCIAS

- Aguilera, R. B. 2015. La Semilla del Vuelta al Pago. Experticia, Revista de Divulgación Científica Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. 3.
- Ali, E.; Alvarez, F. 2011. Huerta urbana para instituciones de enseñanza, sin suelo de cultivo. Trabajo final del nivel V en el Taller de Diseño Industrial. Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.
- Echazú, R.; Quiroga, M.; Saravia, L.; Astudillo, C.; Palacios, A. 2004. Diseño, construcción, y primeros ensayos de invernadero en El Rosal, Provincia de Salta. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, 8(1), 02-43.
- Esteves A., Gelardi E. 2004. Muro de botellas de PET para incrementar la inercia en invernaderos para cultivos. Consultado 15/05/2018.
- Gobierno de Mendoza. (2016). Agua en Mendoza (Oferta y Demanda). Informe-Resumen. Mendoza.

## Índice de Resúmenes

### Área Temática 1

#### Fenología, tiempo térmico e intercepción de radiación fotosintéticamente activa en tomate injertado conducido a dos y cuatro ramas

Garbi, M.; Carbone, A.; Puig, L.; Martínez, S.B. .... 8

#### Modificación ambiental producida por una malla antitérmica en un invernadero parabólico

Martínez, S.B.; Carbone, A.; Grimaldi, M.C.; Somoza, J.; Garbi, M. .... 10

#### Cuantificación del efecto de las condiciones meteorológicas sobre el índice de infección de mancha foliar en trigo

Pardi, H.M.; Moschini, R.C.; Simón, M.R. .... 12

#### Factores meteorológicos que afectan la polinización en cebolla

Torés, J.L.; Albors, C.M.; Caretta, A.I. .... 14

#### Temperatura del aire y su influencia sobre el rendimiento industrial y la calidad de grano en genotipos de arroz

Pincioli, M.; Garbi, M.; Bezus, R.; Vidal, A.A.; Martínez, S.B. .... 16

#### Análisis preliminar del comportamiento de la variedad de almendro guara bajo condiciones de viento zonda en el departamento de Pocito, Provincia de San Juan

Castro, V.L.; Alday, S.E. .... 18

#### Impacto negativo en la producción de leche en el litoral norte del Uruguay: causas y posibles indicadores para un sistema de alerta temprana

Farías, M.J.; Caffera, R.M.; Saravia, C.G. .... 20

#### Cuantificación del frío invernal en el centro de Santa Fe, utilizando el modelo dinámico

García, M.S.; Leva, P.E.; Toffoli, G.B. .... 22

#### Índices bioclimáticos para *Anoda cristata* (L.) schltl (Malvaceae)

Jara, S.I.; Rotea, F.; Apóstolo, N.M.; Francescangeli, N. .... 24

#### Estimación del confort térmico humano en dos espacios al aire libre de Maldonado (Uruguay)

Vazquez Mora, D.; Alvarino, S.; Picción, A.; Cruz, G. .... 26

#### Estudio del rendimiento de *P. notatum* cv boyero en el sur de la Provincia de Santa Fe (Argentina)

Anibalini, V.A.; Confalone, A.; Martín, B.; Ortiz, J.P.A. .... 28

#### Ecuación para el cálculo de la evapotranspiración de referencia en Russell, Mendoza

Aguilera, R.B.; Flores, C.A. .... 30

#### Olas de calor y su relación con el ciclo del cultivo de maíz en la localidad de Anguil

Belmonte, M.L. .... 32

#### Temperaturas mínimas invernales en suelo superficial bajo distintos tipos de rastrojos

Pacor, L.J.; Barrios, M.B.; Rodríguez, R.O.; Blasón, A.D. .... 34

#### Caracterización de las masas de aire asociadas al periodo crítico del cultivo de maíz en el departamento Rosario

Dickie, M.J.; Coronel, A. .... 36

#### Brecha de rendimiento para maíz tardío estimada con Aquacrop en la región central de Córdoba, Argentina

de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Díaz, G.; Díaz, P.; Miranda, C. .... 38

#### Productividad primaria de buffelgrass en un año seco y un año húmedo

Luna Toledo, E.S.; Figuerola, P.; Sancho, A.R. .... 40

<b>Determinación de la temperatura base de dos especies de árboles nativos: <i>Erythrina crista-galli</i> (ceibo) y <i>Handroanthus heptaphyllus</i> (lapacho) en Argentina</b>	
<i>Gastaud, J.; Anibalini, V.A.; Coronel, A.</i>	42
<b>Comportamiento fenológico y evaluación de índices termicos para maíz colorado Don Amilcar en Cinco Saltos, Río Negro, Argentina</b>	
<i>Gonzalez, D.A.; Forquera, J.C.; Pueblas, L.; Orrego, L. M.</i>	44
<b>Evolución del área foliar en canopeos de maíz creciendo sobre cultivo de cobertura y sobre barbecho limpio en el sudeste bonaerense</b>	
<i>Irigoyen, A.I.; Cambareri, M.A.; Echarte, L.; Rivas, R.E.</i>	46
<b>Morfología foliar en canopeos de maíz creciendo sobre cultivo de cobertura y sobre barbecho limpio en el sudeste bonaerense</b>	
<i>Irigoyen, A.I.; Cambareri, M.A.; Echarte, L.; Rivas, R.E.</i>	48
<b>Estres termico en el cultivo del maíz</b>	
<i>Maio, S.; Spescha, L.B.</i>	50
<b>Deforestacion en el amazonas y el impacto en las precipitaciones continentales</b>	
<i>Maio, S.; Lamas, A.</i>	52
<b>Caracterización del ITH y sus rachas en dos tambos de la cuenca lechera “A” de la Provincia de Entre Ríos</b>	
<i>Maltese, N.; Lorenzon, M.M.; Bressan, M.P.; Kemmerer, A.; Brizuela, A.B.</i>	54
<b>Varibilidad de la temperatura, precipitación e índices de monitoreo intraestacional, y su relación con el desarrollo del trigo durante la campaña para la región centro-este de Argentina</b>	
<i>Marcora, M.G.; Godoy, A.A.; Ferreira, L.J.</i>	56
<b>Determinación de la erosividad de las precipitaciones en cuatro establecimientos rurales ubicados en la cuenca alta del arroyo del Azul, Provincia de Buenos Aires</b>	
<i>Mozo, J.; Ares, M.G.; Varni, M.R.; Chagas, C.I.</i>	58
<b>Una evaluación de ITH modificado por viento y radiación en Costa Grande, Entre Ríos, Argentina</b>	
<i>Rondán, G.A.; Michelin, C.I.; Brizuela, A.B.; Maltese, N.; Kemmerer, A.; Aguirre, C.</i>	60
<b>Comportamiento ingestivo de agua en vacas lecheras</b>	
<i>Toffoli, G.D.; Leva, P.E.; Ghiano, J.; Millapán, L.; Taverna, M.; Coronel, V.; Nuñez, S.</i>	62
<b>Ganado lechero en la Provincia de Santa Fe: efecto del estrés calórico e impacto esperado del cambio climático</b>	
<i>Toffoli, G.D.; Leva, P.E.; García, M.S.</i>	64
<b>Area Temática 2</b>	
<b>Nitrous oxide emissions as affected by base design for non-steady state chamber methodology. Preliminary results</b>	
<i>Cambareri, G.; Venterea, R.; Spokas, K.; Cambareri, M.A.; Posse, G.</i>	68
<b>Evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua de maíz sobre cultivo de cobertura en el sudeste bonaerense. I: condiciones de secano</b>	
<i>Cambareri, M.A.; Irigoyen, A.I.; Echarte, L.E.; Fereres, E.</i>	70
<b>Evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua de maíz sobre cultivo de cobertura en el sudeste bonaerense. II: condiciones de agua no limitante</b>	
<i>Cambareri, M.A.; Irigoyen, A.I.; Echarte, L.E.; Fereres, E.</i>	72
<b>Estimación del flujo de calor sensible por medio del balance de energía y un lisímetro de pesada</b>	
<i>Faramiñán, A.M.G.; Rivas, R.; Carmona, F.; Bayala, M.</i>	74

<b>Evaluación de la incorporación de una máscara de agua superficial al modelo de balance hidrológico operativo para el agro (BHOA)</b>	
<i>Fernández Zapiola, G.M.; Torre Zaffaroni, P.; Calabrese, L.; Fernández Long, M.E.</i>	76
<b>Inter-comparación y validación de simulaciones de la humedad del suelo en la pampa húmeda</b>	
<i>Fernández Long, M.E.; Gattinoni, N.N.; Spennemann, P.C.</i>	78
<b>Determinación de flujos turbulentos sobre cubiertas de olivos y buffelgrass por el método de covarianza de vórtices</b>	
<i>Figuerola, P.; Luna Toledo, E.S.; Sancho, A.R.</i>	80
<b>Análisis de un caso de la oferta hídrica en frutilla (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.) en un escenario climático cambiante</b>	
<i>Zeman, E.; Meneguzzi, N.D.; Vera, M.D. y Agüero, S.</i>	82
 <b>Área Temática 3</b>	
<b>Base de datos pluviométrica de Santa Cruz</b>	
<i>Almonacid, L.R.; Díaz, B.G.; Bonfili O.</i>	86
<b>Construcción y contraste de un radiómetro de diseño propio</b>	
<i>Moltoni, A.F.; Serritella, D.A.; Pacor, L.J.; Blasón, A.D.</i>	88
<b>Estrategia algorítmica para estimación de temperaturas en puntos no conocidos basada en el método de De Fina y Sabella</b>	
<i>Carletto, J.A.; Demichelis, J.P.; Rojas, E.; Sartori, M.L.</i>	90
<b>Desarrollo de macros en excel para procesamiento de datos meteorológicos</b>	
<i>Demichelis, J.P.; Carletto, J.A.; Rojas, E.; Sartori, M.L.</i>	92
<b>Micro-red meteorológica en la mesoescala del norte patagónico, primera etapa</b>	
<i>Forquera, J.C.; Gonzalez, D.A.; Orrego, L.M.</i>	94
 <b>Área Temática 4</b>	
<b>Exploración de un nuevo índice de anegamiento e inundación sobre la llanura pampeana</b>	
<i>Sörensson, A.A.; Cappelletti, L.; Ruscica, R.C.; Salvia, M.; Jobbágy, E.</i>	98
<b>Evaluación de metodologías para la identificación de nieve a partir de imágenes landsat y modis</b>	
<i>Almonacid, L.R.; Díaz, B.G.</i>	100
<b>Cartografía digital pluviométrica para la provincia de la pampa</b>	
<i>Roberto, Z.E.; Belmonte, M.L.; Carreño, L.V.</i>	102
<b>TVDI: un índice satelital operativo para el monitoreo de sequía y excesos hídricos</b>	
<i>Carrasco Galleguillos, F.C.; Basualdo, A.; Boragno, S.; Occhiuzzi, S.</i>	104
<b>Análisis de la vegetación en el valle del río Neuquén utilizando información satelital</b>	
<i>Cogliati, M.G.</i>	106
<b>Determinación de zonas homogéneas en un lote con información multitemporal de mapas de rendimiento</b>	
<i>Díaz, G.; de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Díaz, P.; Miranda, C.</i>	108
<b>Combinación de información satelital y de estaciones meteorológicas para generar mapas de temperatura de alta resolución y cobertura completa en la Provincia de San Luis</b>	
<i>Giménez, R.; Baldi, G.; Castellanos, G.; Mercáu, J.L.</i>	110
 <b>Área Temática 5</b>	
<b>Evaluación de dos índices como indicadores de sequía agrícola en la región pampeana (Argentina)</b>	

<i>Sosa, G.D.; Fernández Long, M.E.; Spescha, L.B.</i> .....	114
<b>Cálculo de la lámina de riego para un cultivo de quinoa en Chilecito, La Rioja</b>	
<i>Veliz, A.E.; Spescha, L.B.</i> .....	116
<b>Área Temática 6</b>	
<b>Factor climático para la predicción de la erosión eólica en Argentina</b>	
<i>Colazo, E.R.; Colazo, J.C.</i> .....	120
<b>Resiliencia a la variabilidad climática de los productores agropecuarios del sur de Córdoba</b>	
<i>Rivarola, A.d.V.; Vinocur, M.G.</i> .....	122
<b>Amplitud térmica (DTR) y rendimiento de trigo en la región pampeana: diferencias regionales</b>	
<i>Barberis, J.G.; Barrucand, M.</i> .....	124
<b>Variabilidad de la precipitación en distintas escalas de tiempo en el noreste de La Pampa</b>	
<i>Bongianino, S.; Mendez, M. ; Casagrande, G.; Vergara, G.</i> .....	126
<b>Variabilidad de la intensidad de la precipitación en distintas escalas de tiempo en el noreste de La Pampa</b>	
<i>Bongianino, S.; Mendez, M. ; Casagrande, G.; Vergara, G.</i> .....	128
<b>Cambio climático y erosión eólica en Argentina: una aproximación en la macroescala</b>	
<i>Colazo, J.C.; Colazo, E.R.</i> .....	130
<b>La variabilidad climática como condicionante agroambiental en la Provincia de San Luis</b>	
<i>Collado, A.D.; Bernasconi, H.O.</i> .....	132
<b>Percepción y procesos de adaptación al cambio climático en productores agropecuarios del chaco salteño</b>	
<i>Cravero, S.A.C.; Huaranca, L.L.</i> .....	134
<b>Necesidades de información climática para la adaptación a las sequías agronómicas en Uruguay</b>	
<i>Cruz, G.; Baethgen, W.; Taddei, R.</i> .....	136
<b>Identificación de eventos que influyen en la dinámica y resiliencia del sector agropecuario a través del tiempo</b>	
<i>Llames, A.A.; Vinocur, M.G. y Wehbe, M.B.</i> .....	138
<b>Sensibilidad de los flujos de agua en el suelo en los modelos climáticos globales</b>	
<i>Penalba, O.C.; Pántano, V.C.</i> .....	140
<b>Cómo representan los modelos climáticos globales las secuencias extremas secas y húmedas en la región productiva argentina</b>	
<i>Iacovone, M.F. ; Penalba, O.C.; Pántano, V.C.</i> .....	142
<b>Variabilidad de la precipitación anual en la sub región pampa central, Argentina</b>	
<i>Pérez, S.P.; Cassani, M.T.; Massobrio, M.J.</i> .....	144
<b>Noventa y un años de registros pluviométricos en Montecarlo, Misiones</b>	
<i>Silva, F. ; Olinuck, J. ; Münz, R.; Müller, H.</i> .....	146
<b>Áreas homogéneas de variabilidad de rendimiento de soja, maíz y sorgo en la región pampeana</b>	
<i>Sola, F.N.J.; Coronel, A.; Jozami, E.</i> .....	148
<b>Análisis espacial de las precipitaciones en Tucumán, Argentina</b>	
<i>Zeman, E. ; Agüero, S.; Morales, C.; Abbás Silman, M. ; Castillo, E. y del Pino, F.</i> .....	150
<b>Área Temática 7</b>	
<b>Frecuencia e intensidad de heladas meteorológicas en la llanura tucumana (periodo 2007 - 2017)</b>	
<i>Agüero, S.; Zeman, E.; Castillo, E.; Abbás Silman, M.; del Pino, F.; Lamelas, C. y Costa, M.C.</i> .....	154

<b>Variabilidad espacial y temporal de las sequías en Córdoba, Argentina</b>	
<i>Bocco, A.; Vinocur, M.G.</i> .....	156
<b>Registro de temperaturas actinotermicas: rangos de temperaturAS de heladas en superficie en San Pedro, Provincia de Bs.As (Argentina)</b>	
<i>Martínez, S.B. ; Zaneke, C.; Masi, M.A; Pomés, J.</i> .....	158
<b>Heladas tardías en Mendoza que afectaron a la vid</b>	
<i>Bonel, N.S.; González Morinigo, E.C.</i> .....	160
<b>Relación estadística entre heladas meteorológicas y agrometeorológicas en Zavalla, sur de Santa Fe</b>	
<i>Barbero, S.; Costanzo, M.</i> .....	162
<b>Riesgo de erosión de las precipitaciones en la región pampeana argentina</b>	
<i>Rodríguez, D.A.; Antonelli, M.N.; Dumas, J.M. (ex aequo); Dickie, M.J.; Fernández, E; Coronel, A.</i> .....	164
<b>Análisis del patrón de precipitación durante el evento LA NIÑA en San Luis</b>	
<i>González Morinigo, E.C.; Bonel, N.S.; Stella, J.L.</i> .....	166
<b>Índice de severidad de sequias de Palmer en Argentina: un analisis comparativo</b>	
<i>Lugaro, T.; Peretti, M.; Carballo, F.; Fernández Long, M.E.</i> .....	168
<b>Verificación de los parÁmetros del Índice de severidad de sequías de Palmer para Argentina</b>	
<i>Peretti, M.; Lugaro, T.; Carballo, F.; Fernández Long, M.E.</i> .....	170
<b>ICK otoñal y primaveral: comparación de un cálculo alternativo</b>	
<i>Makar, D.; Molla kralj, A; Blasón, A.D.; Rodríguez, R.O.</i> .....	172
<b>Caracterización agroclimática de heladas de cinco localidades de las regiones norte, centro-este y sur de San Luis</b>	
<i>Rojas, E.; Sartori, M.L.</i> .....	174
<b>Tendencias de las sequías y excesos hídricos y su relación con El Niño Southern Oscillation (ENSO) en Argentina</b>	
<i>Ravelo, A.C.; Zanvettor R.E.; Boletta, P.E.C.</i> .....	176
 <b>Área Temática 8</b>	
<b>Comunicación</b>	
<b>Manejo de variables meteorológicas en la huerta escolar</b>	
<i>Aguilera, R.B.; Guidolín, S.A.; Aguilera, D.</i> .....	180

## Índice de Autores

### A

Abbás Silman, M., 150, 154  
Agüero, S., 82, 150, 154  
Aguilera, D., 180  
Aguilera, R.B., 30, 180  
Aguirre, C., 60  
Albors, C.M., 14  
Alday, S.E., 18  
Almonacid, L.R., 86, 100  
Alvariño, S., 26  
Anibalini, V.A., 28, 42  
Antonelli, M.N., 164  
Apóstolo, N.M., 24  
Ares, M.G., 58

### B

Baethgen, W., 136  
Baldi, G., 110  
Barberis, J.G., 124  
Barbero, S., 162  
Barrios, M.B., 34  
Barrucand, M., 124  
Basualdo, A., 104  
Bayala, M., 74  
Belmonte, M.L., 32, 102  
Bernasconi, H.O., 132  
Bezus, R., 16  
Blasón, A.D., 34, 88, 172  
Bocco, A., 156  
Boletta, P.E.C., 176  
Bonel, N.S., 160, 166  
Bonfili O., 86  
Bongianino, S., 126, 128  
Boragno, S., 104  
Bressan, M.P., 54  
Bressanini, L., 38, 108  
Brizuela, A.B., 54, 60

### C

Caffera, R.M., 20  
Calabrese, L., 76  
Cambareri, G., 68  
Cambareri, M.A., 46, 48, 68, 70, 72  
Cappelletti, L., 98  
Carballo, F., 168, 170  
Carbone, A., 8, 10  
Caretta, A.I., 14  
Carletto, J.A., 90, 92  
Carmona, F., 74  
Carrasco Galleguillos, F.C., 104  
Carreño, L.V., 102  
Casagrande, G., 126, 128  
Cassani, M.T., 144  
Castellanos, G., 110  
Castillo, E., 150, 154  
Castro, V.L., 18  
Chagas, C.I., 58  
Cogliati, M.G., 106  
Colazo, J.C., 120

Colazo, E.R., 120, 130  
Colazo, J.C., 130  
Collado, A.D., 132  
Confalone, A., 28  
Coronel, A., 36, 42, 148, 164  
Coronel, V., 62  
Costa, M.C., 154  
Costanzo, M., 162  
Cravero, S.A.C., 134  
Cruz, G., 26, 136

### D

de la Casa, A., 38, 108  
del Pino, F., 150, 154  
Demichelis, J.P., 90, 92  
Díaz, B.G., 86, 100  
Díaz, G., 38, 108  
Díaz, P., 38, 108  
Dickie, M.J., 36, 164  
Dumas, J.M., 164

### E

Echarte, L., 46, 48  
Echarte, L.E., 70, 72

### F

Faramiñán, A.M.G., 74  
Fariás, M.J., 20  
Feres, E., 70, 72  
Fernández Long, M.E., 76, 78, 114, 168, 170  
Fernández Zapiola, G.M., 76  
Fernández, E., 164  
Ferreira, L.J., 56  
Figueroa, P., 40, 80  
Flores, C.A., 30  
Forquera, J.C., 44, 94  
Francescangeli, N., 24

### G

Garbi, M., 8, 10, 16  
García, M.S., 22, 64  
Gastardo, J., 42  
Gattinoni, N.N., 78  
Ghiano, J., 62  
Giménez, R., 110  
Godoy, A.A., 56  
González Morinigo, E.C., 160, 166  
Gonzalez, D.A., 44, 94  
Grimaldi, M.C., 10  
Guidolín, S.A., 180

### H

Huaranca, L.L., 134

### I

Iacovone, M.F., 142

Irigoyen, A.I., 46, 48, 70, 72

## J

Jara, S.I., 24  
Jobbágy, E., 98  
Jozami, E., 148

## K

Kemerer, A., 54, 60

## L

Lamas, A., 52  
Lamelas, C., 154  
Leva, P.E., 22, 62, 64  
Llames, A.A., 138  
Lorenzon, M.M., 54  
Lugaro, T., 168, 170  
Luna Toledo, E.S., 40, 80

## M

Maio, S., 50, 52  
Makar, D., 172  
Maltese, N., 54, 60  
Marcora, M.G., 56  
Martín, B., 28  
Martínez, S., 158  
Martínez, S.B., 8, 10, 16  
Masi, M.A., 158  
Massobrio, M.J., 144  
Mendez, M., 126, 128  
Meneguzzi, N.D., 82  
Mercau, J.L., 110  
Michelin, C.I., 60  
Millapán, L., 62  
Miranda, C., 38, 108  
Molla kralj, A., 172  
Moltoni, A.F., 88  
Morales, C., 150  
Moschini, R.C., 12  
Mozo, J., 58  
Müller, H., 146  
Münz, R., 146

## N

Nuñez, S., 62

## O

Occhiuzzi, S., 104  
Olinuck, J., 146  
Orrego, L.M., 44, 94  
Ortiz, J.P.A., 28  
Ovando, G., 38, 108

## P

Pacor, L.J., 34, 88  
Pántano, V.C., 140, 142

Pardi, H.M., 12  
Penalba, O.C., 140, 142  
Peretti, M., 168, 170  
Pérez, S.P., 144  
Picción, A., 26  
Pincirolí, M., 16  
Pomés, J., 158  
Posse, G., 68  
Pueblas, L., 44  
Puig, L., 8

## R

Ravelo, A.C., 176  
Rivarola, A.d.V., 122  
Rivas, R., 74  
Rivas, R.E., 46, 48  
Roberto, Z.E., 102  
Rodríguez, D.A., 164  
Rodríguez, R.O., 34, 172  
Rojas, E., 90, 92, 174  
Rondán, G.A., 60  
Rotea, F., 24  
Ruscica, R.C., 98

## S

Salvia, M., 98  
Sancho, A.R., 40, 80  
Saravia, C.G., 20  
Sartori, M.L., 90, 92, 174  
Serritella, D.A., 88  
Silva, F., 146  
Simón, M.R., 12  
Sola, F.N.J., 148  
Somoza, J., 10  
Sörensson, A.A., 98  
Sosa, G.D., 114  
Spennemann, P.C., 78  
Spescha, L.B., 50, 114, 116  
Spokas, K., 68  
Stella, J.L., 166

## T

Taddei, R., 136  
Taverna, M., 62  
Toffoli, G.B., 22  
Toffoli, G.D., 62, 64  
Torés, J.L., 14  
Torre Zaffaroni, P., 76

## V

Varni, M.R., 58  
Vazquez Mora, D., 26  
Veliz, A.E., 116  
Venterea, R., 68  
Vera, M.D., 82  
Vergara, G., 126, 128  
Vidal, A.A., 16  
Vinocur, M.G., 122, 138, 156



## W

Wehbe, M.B, 138

## Z

Zanek, C, 158

Zanvettor R.E., 176

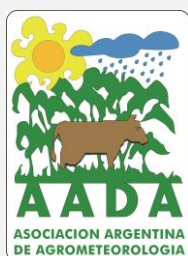
Zeman, E., 82, 150, 154



# XVII Reunión Argentina de Agrometeorología

19 a 21 de septiembre de 2018  
Villa de Merlo, San Luis

Organizan:



Universidad  
Nacional de los  
Comechingones

Auspician:

CONICET



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación



FONDO DE ADAPTACIÓN

ISBN 978-987-42-9620-7

